Organizadores
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques

AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Evolução, resiliência e oportunidades

Autores

Adriana Maria Magalhães de Moura | Alexandre Gervásio de Sousa | Andréa Curiacos Bertolini
Constanza Valdes | Cristiane Mitie Ogino | Eliana Teles Bastos | Elisangela Pereira Lopes
Helitton Christoffer Carneiro | José Alex do Nascimento Bento | José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques | Luis Claudio Kubota | Marcus Peixoto | Mauricio Benedeti Rosa | Mirian Bacchi
Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners | Pedro Silva Barros | Raúl Alfonso Velilla Gómez | Talita Priscila Pinto
Valquíria Cardoso Caldeira | Zenaide Rodrigues Ferreira

ipea
Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades é um livro que reúne doze estudos realizados pelo Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), sob supervisão da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur). Trata-se de um esforço de pesquisa para melhor compreender as mudanças e transformações da produção agropecuária brasileira nas últimas décadas.

O aumento da produção está baseado em ciência e tecnologia, o que causa o crescimento contínuo da produtividade total dos fatores. Os avanços tecnológicos, a agricultura de precisão e a internet das coisas se concentraram nas propriedades com maior escala de produção. A modernização é relativa, uma vez que existem imperfeições de mercado que prejudicam a disseminação de conhecimentos e tecnologias. Produtores mais organizados e estruturados possuem maior capacidade de absorção tecnológica, enquanto os produtores com menor porte produtivo ficam mais expostos aos insumos tradicionais, que influenciam menos a produtividade.

Analisou-se também a relação entre produção e regularização fundiária. A titulação de terras (direito de propriedade) pode melhorar a produtividade agrícola e contribuir, indiretamente, com a sustentabilidade ambiental. Resumidamente, descobriu-se que aumentos no número de títulos de caráter definitivo estavam associados a incrementos no valor bruto da produção agrícola, bem como em uma expansão da área plantada.

No comparativo internacional, nas três últimas décadas, o Brasil se tornou exportador-chave de carnes (bovina, suína e de frango), oleaginosas, algodão e, até mesmo, milho e trigo. As produções de café, açúcar e óleos vegetais se mantiveram fortes. O empreendedorismo dos agentes e os investimentos foram decisivos nos ganhos de competitividade. Embora haja perspectivas favoráveis à pecuária de baixo carbono, a produção de lácteos, ao contrário, ainda se mostra pouco estruturada e desenvolvida.

Quanto à logística, realizou-se um detalhado diagnóstico da infraestrutura de acesso ao sistema portuário, concentrada no modal rodoviário e com poucos investimentos em ferrovias. É necessário melhorar o escoamento da produção pelos portos do Arco Norte. As projeções nacionais para a safra 2031-2032 são de uma produção de 329 milhões de toneladas de soja e milho, um acréscimo de 37,8% relativo à safra 2021-2022. Para a próxima década, as exportações devem apresentar uma variação positiva de 41,4%.

Nota-se, portanto, impressionante crescimento do fluxo de grãos nos portos do Arco Norte, passando de 7,2 milhões de toneladas, em 2009, para 38,9 milhões de toneladas, em 2021, um crescimento de 440%. Os corredores bioceânicos se apresentam como alternativas logísticas, podendo conectar áreas interioranas altamente produtivas do Brasil aos terminais portuários do Pacífico sul-americano, distribuídos em diferentes latitudes do continente, com redução significativa dos preços dos produtos exportados.

Ao se avaliar o mercado de insumos, os fertilizantes se mostraram centrais na produção brasileira, notadamente na expansão da fronteira agrícola em direção ao Cerrado e na intensificação agrícola. Desde 2000, o Brasil aumentou o consumo de fertilizante em três vezes. No entanto, a produção interna do insumo não acompanhou, crescendo bem menos. Do total consumido, o país importou aproximadamente 80%, sendo o terceiro maior consumidor mundial de fertilizantes minerais. Sem uma política adequada, os ganhos conquistados de produtividade ficam comprometidos.

Em termos institucionais, discutiu-se a integração das políticas agrícola e ambiental. O crédito rural se mostra como instrumento para reconciliar objetivos de produção e conservação, impulsionando sustentabilidade e aplicação do Código Florestal. Para reduzir as emissões de carbono na atmosfera, estimular práticas sustentáveis de manejo será essencial na atividade pecuária e agrícola. Há também o debate em torno do marco regulatório do "mercado de carbono", que ainda está em estágio embrionário. A criação do crédito de descarbonização (CBIO), um ativo ambiental, busca fomentar o consumo de biocombustíveis, uma das soluções energéticas menos poluentes.

Diversos temas foram tratados, da produção agrícola e pecuária, produtividade, sustentabilidade, infraestrutura logística, comércio internacional, mercado de insumos, regularização fundiária a aspectos institucionais das políticas públicas. Não há dúvida que o conteúdo traz contribuições significativas.

Desejamos a todos uma boa e proveitosa leitura!

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques

Organizadores
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques

AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Evolução, resiliência e oportunidades

Autores

Adriana Maria Magalhães de Moura | Alexandre Gervásio de Sousa | Andréa Curiacos Bertolini
Constanza Valdes | Cristiane Mitie Ogino | Eliana Teles Bastos | Elisangela Pereira Lopes
Helitton Christoffer Carneiro | José Alex do Nascimento Bento | José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques | Luis Claudio Kubota | Marcus Peixoto | Mauricio Benedeti Rosa | Mirian Bacchi
Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners | Pedro Silva Barros | Raúl Alfonso Velilla Gómez | Talita Priscila Pinto
Valquíria Cardoso Caldeira | Zenaide Rodrigues Ferreira

ipea

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento
Ministra Simone Nassar Tebet

ipea **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta
Luciana Mendes Santos Servo

Diretor de Desenvolvimento Institucional
Fernando Gaiger Silveira

Diretora de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia
Luseni Maria Cordeiro de Aquino

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas
Cláudio Roberto Amitrano

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais
Aristides Monteiro Neto

Diretora de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura
Fernanda De Negri

Diretor de Estudos e Políticas Sociais
Carlos Henrique Leite Corseuil

Diretor de Estudos Internacionais
Fábio Véras Soares

Chefe de Gabinete
Alexandre dos Santos Cunha

Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social
Antonio Lassance

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

Organizadores
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques

AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Evolução, resiliência e oportunidades

Autores

Adriana Maria Magalhães de Moura | Alexandre Gervásio de Sousa | Andréa Curiacos Bertolini
Constanza Valdes | Cristiane Mitie Ogino | Eliana Teles Bastos | Elisangela Pereira Lopes
Helitton Christoffer Carneiro | José Alex do Nascimento Bento | José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques | Luis Claudio Kubota | Marcus Peixoto | Mauricio Benedeti Rosa | Mirian Bacchi
Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners | Pedro Silva Barros | Raúl Alfonso Velilla Gómez | Talita Priscila Pinto
Valquíria Cardoso Caldeira | Zenaide Rodrigues Ferreira

ipea
Rio de Janeiro, 2023

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2023

Agropecuária Brasileira : evolução, resiliência e oportunidades / Organizadores: José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho, José Garcia Gasques. – Rio de Janeiro : IPEA, 2023.

292 p. : il., fotos, gráfs. mapas color.

Inclui referências bibliográficas.
ISBN: 978-65-5635-053-0

1. Produtividade Agrícola. 2. Agronegócio. 3. Regularização Fundiária. 4. Desenvolvimento Agropecuário. 5. Economia Agropecuária. 6. Sustentabilidade Produtiva. 7. Pecuária. 8. Brasil. I. Vieira Filho, José Eustáquio Ribeiro. II. Gasques, José Garcia. III. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 338.981

Ficha catalográfica elaborada por Ana Paula Fernandes Abreu CRB-7/4769

Como citar:

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia (org.). **Agropecuária Brasileira**: evolução, resiliência e oportunidades. Rio de Janeiro: Ipea, 2023. 292 p. ISBN 978-65-5635-053-0. DOI: http://dx.doi.org/10.38116/9786556350530

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

PREFÁCIO 9

APRESENTAÇÃO 11

INTRODUÇÃO 13
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
José Garcia Gasques

PARTE 1 – PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

CAPÍTULO 1
PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA 21
José Garcia Gasques
Eliana Teles Bastos
Mirian Bacchi
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho
Constanza Valdes

CAPÍTULO 2
MOBILIDADE PRODUTIVA E CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO 37
Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

CAPÍTULO 3
REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA NO BRASIL E PRODUÇÃO AGRÍCOLA 51
Raúl Alfonso Velilla Gómez
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

CAPÍTULO 4
COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO 67
Zenaide Rodrigues Ferreira
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

PARTE 2 – INSUMOS ESTRATÉGICOS E INFRAESTRUTURA

CAPÍTULO 5
FERTILIZANTES: DEPENDÊNCIA EXTERNA E IMPACTO PRODUTIVO..... 97
Cristiane Mitie Ogino
José Garcia Gasques

CAPÍTULO 6
INTERNET DAS COISAS E CONECTIVIDADE NO CAMPO..... 125
Luis Claudio Kubota
Mauricio Benedeti Rosa

CAPÍTULO 7
INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA DO ARCO NORTE: CARACTERÍSTICAS, GARGALOS E PROPOSTAS..... 153
Valquíria Cardoso Caldeira
Elisangela Pereira Lopes
José Garcia Gasques

CAPÍTULO 8
CORREDORES BIOCEÂNICOS E AGRONEGÓCIO: O CASO DO ALGODÃO BRASILEIRO 175
Pedro Silva Barros
Andréa Curiacos Bertolini
Alexandre Gervásio de Sousa
Helitton Christoffer Carneiro

PARTE 3 – POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA

CAPÍTULO 9
AGRONEGÓCIO NO CONGRESSO NACIONAL: MARCOS LEGAIS E PRINCIPAIS PROPOSIÇÕES LEGISLATIVAS 195
Marcus Peixoto

CAPÍTULO 10
INTEGRAÇÃO ENTRE AS POLÍTICAS AMBIENTAL E AGRÍCOLA NO BRASIL..... 219
Adriana Maria Magalhães de Moura

CAPÍTULO 11
PECUÁRIA DE BAIXO CARBONO: RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE..... 245
Talita Priscila Pinto

CAPÍTULO 12
O CRÉDITO DE DESCARBONIZAÇÃO (CBIO) E SUA RELAÇÃO COM O MERCADO DE CARBONO..... 265
José Alex do Nascimento Bento
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

NOTAS BIOGRÁFICAS 289

PREFÁCIO

O crescimento econômico brasileiro nas últimas décadas mostrou que não se pode subjugar a agricultura em detrimento da indústria. A nossa história vem mostrando, cada vez mais, que a suposição da teoria do desenvolvimento periférico foi rejeitada. O argumento dos termos de trocas declinantes não se encaixa na abordagem da moderna agricultura, que é baseada em ciência e tecnologia. Nesse aspecto, é bom lembrar que o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) vem desempenhando um excelente trabalho, no qual aprofunda o conhecimento das políticas públicas e o seu impacto no desenvolvimento do agronegócio.

A visão cepalina entendia que: i) a redução dos custos diante da inovação tecnológica seria mais elevada na indústria; ii) a curva de demanda seria mais inelástica no consumo de alimentos; e iii) a elasticidade renda da demanda seria maior para produtos manufaturados, contrariamente às *commodities* agrícolas. Assim, os ganhos de produtividade resultariam em queda dos preços aos consumidores de forma muito mais intensa na agricultura do que na indústria. Nesse sentido, era razoável pensar que o comércio internacional beneficiaria países com sólida base industrial, e não aqueles focados na produção de bens primários. Olhando de maneira retrospectiva, a intervenção estatal com a justificativa de subsidiar a indústria retardou o processo competitivo, desestimulou o investimento e prejudicou a produção. As políticas públicas, ao não induzirem um sistema nacional de inovação, falharam na promoção do crescimento industrial.

Contudo, essa abordagem não explica a realidade da produção agropecuária. O avanço científico e tecnológico, construído pelo Brasil e suas instituições de pesquisa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), centros estaduais de experimentação, órgãos de extensão rural e universidades, com adequado crédito de financiamento, permitiu a melhoria dos solos degradados, a tropicalização dos cultivos, a evolução da engenharia genética, bem como a adoção de sistemas integrados de manejo. Ao longo do tempo, incorporamos o Cerrado à produção, maior expansão de área cultivável no mundo desde 1970. O país se transformou no maior produtor de soja, sendo apenas a produção mato-grossense do tamanho da produção argentina. Além disso, lideramos as exportações de café, açúcar, soja, algodão, carne bovina, carne de frango, suco de laranja, entre muitos outros produtos.

No contexto social, a população ocupada no campo está em 18 milhões de pessoas, o que representa 20% do mercado de trabalho. São cidadãos que trabalham, pagam impostos e promovem o desenvolvimento local. Em termos produtivos, o

agronegócio representa um quarto da produção nacional e, em 2023, colheu uma safra recorde de grãos de cerca de 317 milhões de toneladas. No comércio internacional, em 2022, o saldo setorial (exportações menos importações) foi de US$ 142 bilhões, enquanto a indústria e o restante da economia apresentaram um déficit comercial de US$ 80 bilhões. Se não fosse o desempenho do agronegócio, o saldo total da economia não teria sido positivo em US$ 62 bilhões.

No que se refere à sustentabilidade ambiental, o Brasil preserva dois terços do território com matas nativas. Apenas dentro das propriedades agropecuárias são preservados 25,6% do território nacional. Da década de 1970 até os dias de hoje, o efeito poupa-florestas, advindo dos ganhos de produtividade, ficou em torno de 775 milhões de hectares, área que deixou de ser desmatada, ou o equivalente a doze vezes o tamanho da França. De 1990 a 2021, a produtividade total dos fatores tem crescido na produção agropecuária a uma taxa média de 3,1% ao ano, enquanto as emissões de gases poluentes cresceram em torno de 1,4%. Não há dúvidas de que o agronegócio tem uma capacidade muito elevada de restaurar o meio ambiente.

O livro *Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades*, organizado por José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho, do Ipea, e José Garcia Gasques, do Ministério da Agricultura, com a colaboração de outros pesquisadores, faz parte de uma série de estudos técnicos publicados pelo Ipea, que aprofundam o entendimento da economia agropecuária. O trabalho representa o esforço de um grupo competente de economistas e cientistas. Trata-se de uma grande contribuição para a compreensão de temas que vão de produção e produtividade, insumos estratégicos e infraestrutura até políticas públicas e questões de sustentabilidade – um documento que enriquece a literatura sobre a agricultura brasileira e o impacto das políticas públicas no seu desenvolvimento.

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Um dos criadores da Embrapa, considerado o pai da moderna agricultura do Brasil.[1]

1. Nota dos organizadores.

APRESENTAÇÃO

O setor agropecuário brasileiro tem se destacado nas últimas décadas pelo seu excepcional desempenho, resultado do grande talento e dedicação do produtor rural nacional – seja o pequeno, o médio ou o grande produtor –, das vantagens comparativas naturais do país – associadas a clima, terra e recursos hídricos favoráveis e abundantes – e do apoio do Estado por meio de políticas públicas robustas – como as que integram o Plano Safra – e de instituições públicas de pesquisa, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). É inequívoca a vocação do Brasil para a atividade agropecuária e o papel estratégico que o país tem na economia mundial como grande produtor de alimentos, o que traz também novos desafios e responsabilidades.

O livro *Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades* aborda diversos aspectos dessa realidade e trabalha em torno de três eixos temáticos: i) produção e produtividade; ii) insumos estratégicos e infraestrutura; e iii) políticas públicas e sustentabilidade produtiva.

A produtividade agropecuária brasileira, que vem crescendo ao longo das últimas décadas, é fruto do investimento em pesquisa, que tem como um dos seus pilares as pesquisas e tecnologias desenvolvidas pela Embrapa. O investimento público na Embrapa e as políticas públicas a ela relacionadas são responsáveis, em grande medida, pelos ganhos de produtividade obtidos nesse setor.

Ao mesmo tempo, ações de crédito, de gestões de risco, como o subsídio ao Seguro Agro, da Linha ABC+, analisada neste livro, todas consubstanciadas no Plano Safra, foram fundamentais para reduzir os riscos para o produtor, bem como para permitir avanços em processos de descarbonização e mitigação de problemas ambientais, que, inclusive, são exigências de parte dos países que importam a produção agrícola brasileira. As contribuições da agricultura para o comércio exterior brasileiro, aliás, destacam-se como elemento dinamizador da inserção econômica do país no cenário global, com a abertura e a consolidação de mercados, assim como importante fonte de divisas que contribuem para a estabilidade macroeconômica.

O livro discute, também, a importância de reduzir a dependência de fertilizantes minerais e garantir a segurança alimentar dos brasileiros. Para isso, novamente, políticas públicas e planos estratégicos de produção e investimentos para desenvolvimento de novas tecnologias se mostram centrais. Investimentos em agricultura de precisão, para desenvolvimento de internet das coisas, entre outros,

podem levar ao aumento da produção por unidade de área plantada. Nesse sentido, investimentos em infraestrutura para escoamento da produção, incluindo o acesso a um sistema portuário pensado de forma estratégica, podem contribuir para a ampliação das exportações. De um lado, o fluxo de grãos nos portos do Arco Norte cresce. De outro, a produção agrícola se desloca para o Centro-Oeste, distanciando-se da produção dos tradicionais terminais portuários do Sul e Sudeste.

Este livro apresenta os avanços setoriais e das políticas públicas que apoiaram o desenvolvimento do setor agropecuário no Brasil, mas, também, mostra que ainda há muitos desafios a serem superados e vários espaços para atuação do Estado. Avançar no desenvolvimento nacional significa pensar as políticas voltadas ao setor primário e à ampliação dos investimentos em serviços e produção industrial de maior valor agregado. Essas políticas devem associar o desenvolvimento produtivo à inclusão social, à segurança alimentar e à sustentabilidade ambiental.

Luciana Mendes Santos Servo
Presidenta do Ipea

INTRODUÇÃO

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[1]
José Garcia Gasques[2]

O aumento da produção agropecuária brasileira está baseado em ciência e tecnologia, o que causa o crescimento contínuo da produtividade total dos fatores (PTF). Os avanços tecnológicos se concentraram nos estabelecimentos com maior escala de produção. A modernização foi relativa, já que existem imperfeições de mercado que prejudicam a disseminação de conhecimentos e a adoção de novas tecnologias. Produtores mais organizados e estruturados possuem maior capacidade de absorção tecnológica, enquanto os agentes com menor porte produtivo ficam mais expostos aos insumos tradicionais, que influenciam menos a produtividade.

Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades é um livro que reúne estudos realizados pelo Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), sob a supervisão da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur). A trajetória da produção e produtividade, o acesso a mercados, os insumos estratégicos, a conectividade no campo, a infraestrutura logística, a sustentabilidade ambiental e produtiva, bem como as diferentes políticas públicas de fomento setorial, foram temas aqui tratados com profundidade e *expertise* técnica.

Trata-se de um esforço de pesquisa para melhor compreender as mudanças e transformações da produção agropecuária brasileira nas últimas décadas. Não há dúvidas de que o conteúdo traz contribuições relevantes e originais sob diferentes perspectivas. O livro está dividido em doze capítulos, que se complementam, e em três partes: i) *Produção e produtividade*; ii) *Insumos estratégicos e infraestrutura*; e iii) *Políticas públicas e sustentabilidade produtiva*.

1 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Na primeira parte, o capítulo 1, de autoria de José Garcia Gasques, Eliana Teles Bastos, Mirian Bacchi, José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho e Constanza Valdes, traz uma breve atualização da PTF da agricultura brasileira. As estimativas de

---

1. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea); também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

2. Engenheiro-agrônomo; doutor em economia; e técnico de planejamento e pesquisa do Ipea. É coordenador-geral de políticas públicas na Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa). *E-mail*: <jose.gasques@agro.gov.br>.

produtividade calculadas neste trabalho mostraram que, no período 1975-2021, a taxa anual média de crescimento desse indicador foi de 3,31%. A média mundial no período 2001-2015 foi de 1,71%. Outra parte do estudo avalia políticas com influência sobre a produtividade. Concluiu-se, em primeiro lugar, que os maiores impactos sobre a PTF se originaram da relação de preços (preços recebidos/preços pagos pelos insumos); em segundo lugar, que os gastos realizados com pesquisa pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foram a variável de maior impacto; e, em terceiro lugar, que o crédito rural foi o que mais interferiu.

No capítulo 2, Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners e José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho discutem a mobilidade produtiva e o crescimento da produtividade no agronegócio brasileiro. A trajetória de crescimento da agricultura no país foi estudada pelo movimento da produtividade nos diferentes tamanhos de áreas de produção. Procurou-se verificar no texto se produtores com áreas menores convergem em produtividade quando comparados a produtores com maiores extensões de terra. Usando o método de fronteiras estocásticas, foram comparados ganhos de PTF de três diferentes estratos de produtores: i) até 20 ha (pequenos); ii) entre 21 ha e 200 ha (médios); e iii) mais de 200 ha (grandes). Com dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, estimaram-se o progresso técnico e o crescimento da eficiência técnica da agricultura para diferentes tamanhos de estabelecimentos, e os resultados sugerem que avanços tecnológicos estão presentes em todos os tamanhos de estabelecimentos, concentrando-se nos maiores produtores, o que contribui para uma maior heterogeneidade produtiva no Brasil. Além disso, o aumento da ineficiência indica que áreas de menor porte possuem menor capacidade de absorção tecnológica.

No terceiro capítulo, Raúl Alfonso Velilla Gómez e José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho estudaram a política de regularização fundiária no Brasil. Uma vasta literatura econômica sustenta que, quando bem definidos, os direitos de propriedade sobre o uso da terra podem estar associados aos incrementos da eficiência na utilização dos recursos escassos. Em 2020, o governo brasileiro lançou o programa Titula Brasil, buscando apoiar e facilitar o processo de regularização fundiária no país. O processo de regularização de assentados tem se tornado debate de interesse nacional, uma vez que o setor agropecuário é responsável por uma parcela considerável da economia. Investigou-se na pesquisa a relação existente entre os direitos de propriedade sobre o uso da terra, medido pelo número de títulos emitidos, e diversos efeitos econômicos no setor agropecuário. As conclusões mostraram uma relação positiva entre o número de títulos de domínio e o valor da produção, bem como a área plantada nos estados brasileiros durante o período 2019-2021. A percepção geral é que as políticas que buscam fortalecer os direitos de propriedade contribuem para o desenvolvimento econômico do setor agropecuário; no entanto, são necessárias análises de causalidade para estimar os efeitos desse tipo de política.

Zenaide Rodrigues Ferreira e José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho, no capítulo 4, que encerra a primeira parte, avaliaram a competitividade internacional do agronegócio, apresentando a inserção competitiva internacional das maiores economias agroexportadoras do mundo entre 1995 e 2021 (Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica). Os autores calcularam os indicadores de especialização baseados em fluxos de comércio, os quais foram mensurados por grupo de produtos, tais como carnes, cereais, oleaginosas, café, algodão, açúcar, lácteos e óleos animal e vegetal. No comparativo internacional, nas três últimas décadas, o Brasil se tornou um exportador-chave de carnes (bovina, suína e de frango), oleaginosas, algodão e milho, bem como se destacando na produção de trigo. As produções de café, açúcar e óleos vegetais se mantiveram em alta, e o empreendedorismo dos agentes e os investimentos foram decisivos nos ganhos de competitividade. Embora haja perspectivas favoráveis à produção pecuária, a produção de lácteos, ao contrário, ainda se mostrou pouco estruturada e desenvolvida.

2 INSUMOS ESTRATÉGICOS E INFRAESTRUTURA

Na segunda parte, o capítulo 5, escrito por Cristiane Mitie Ogino e José Garcia Gasques, traz à luz o debate sobre a dependência da importação de fertilizantes no país e o seu respectivo impacto na produção. Com o papel de fornecer nutrientes ao sistema, os fertilizantes minerais são um dos principais insumos utilizados na produção de *commodities* agrícolas no Brasil, ainda que a produção interna não supra o consumo doméstico, o que requer importações crescentes. Em 2022, os preços internacionais de fertilizantes atingiram picos comparáveis à crise de 2007-2008, causando preocupação em relação ao mercado. Diante disso, os autores procuraram investigar o comportamento do mercado de fertilizantes minerais na produção agrícola, examinando, por meio de um estudo econométrico, a relação entre as seguintes variáveis: preço de importação dos fertilizantes, quantidade entregue desse insumo, atratividade de exportação das *commodities*, área plantada e quantidade agrícola produzida. A análise da função impulso-resposta indicou que um choque positivo no preço de importação de fertilizantes impacta negativamente a quantidade entregue do insumo ao mercado. Ademais, encontrou-se com o estudo que um choque positivo na quantidade entregue de fertilizantes minerais impacta positivamente a quantidade agrícola produzida. Como alternativa ao uso de fertilizantes, uma expansão da área agrícola impacta de forma direta a quantidade agrícola produzida e, de forma inversa, a quantidade entregue de fertilizantes. Com o intuito de garantir a segurança alimentar, os resultados evidenciaram a importância de se propor planos estratégicos ao setor de fertilizantes.

O capítulo 6, de Luis Claudio Kubota e Mauricio Benedeti Rosa, analisa a internet das coisas (*internet of things* – IoT) e a conectividade no campo.

Ao contrário das tecnologias da informação e comunicação (TICs) de gerações anteriores, cuja implantação ficou restrita em grande parte ao ambiente corporativo, a combinação de tecnologias digitais – IoT, computação em nuvem e inteligência artificial (IA) – é aplicável em diferentes usos e processos produtivos. No cenário brasileiro, a relevância da tecnologia se expressa principalmente na elevação da produtividade do agronegócio, o qual representa cerca de um terço do produto interno bruto (PIB) e quase metade das exportações nacionais. O capítulo procura caracterizar a IoT no âmbito do agronegócio, buscando fazer uma revisão de trabalhos sobre o tema, expor as políticas setoriais já existentes, assim como apresentar os casos de sucesso na implementação de diferentes tecnologias.

No capítulo 7, Valquíria Cardoso Caldeira, Elisangela Pereira Lopes e José Garcia Gasques investigaram a questão da infraestrutura logística. Foi realizado um detalhado diagnóstico da infraestrutura de acesso ao sistema portuário do Arco Norte, que se concentra no modal rodoviário, com poucos investimentos em ferrovias. Os autores mostram que a mudança na logística de grãos é urgente, visto que a produção e a exportação devem continuar crescendo. Observou-se impressionante crescimento do fluxo de grãos nos portos do Arco Norte, passando de 7,2 milhões de toneladas, em 2009, para 38,9 milhões de toneladas, em 2021. Cerca de 70% dos grãos foram produzidos nas regiões de novas fronteiras agrícolas (Centro-Norte e Matopiba). Contudo, a movimentação nos portos do Arco Norte foi de apenas 37% desse volume. Os autores sugerem que a adequação da infraestrutura ao crescimento produtivo demanda vultosos recursos para sua concretização. Diante da escassez de recursos públicos, parcerias público-privadas (PPPs) têm sido indicadas para viabilizar os investimentos requeridos, os quais, entretanto, dependem de estabilidade regulatória e de financiamento.

Finalizando a segunda parte, o capítulo 8, de autoria de Pedro Silva Barros, Andréa Curiacos Bertolini, Alexandre Gervásio de Sousa e Helitton Christoffer Carneiro, trata, de forma pioneira, do tema dos corredores bioceânicos e do caso da cotonicultura no Brasil. O estudo buscou relacionar os corredores bioceânicos e o planejamento da infraestrutura regional sul-americana com a dinâmica recente do agronegócio brasileiro, especialmente do algodão. A produção agrícola brasileira vem se deslocando continuamente para áreas mediterrâneas do país. Esse movimento de expansão da fronteira agrícola nacional para o interior, em direção a oeste e norte do território, tem distanciado cada vez mais a produção agropecuária brasileira dos tradicionais terminais portuários de escoamento das regiões Sul e Sudeste. Nesse mesmo período, foram planejadas, e estão em vias de construção, novas rotas de acesso do Brasil ao Pacífico. Foram analisados: i) as especificidades do algodão como *commodity* agrícola; ii) a reconfiguração da produção e a inserção externa do algodão e dos têxteis brasileiros; iii) o protagonismo do Mato Grosso e do extremo oeste baiano; e iv) os desafios logísticos do escoamento do algodão brasileiro pela costa chilena e peruana.

3 POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE PRODUTIVA

Na parte 3, há um aprofundamento das políticas públicas de um modo amplo. O capítulo 9 traz o debate feito por Marcus Peixoto sobre os marcos legais e as principais proposições legislativas relacionadas ao agronegócio. Em um estado de direito, as relações sociais e econômicas são reguladas por normas organizadas hierarquicamente. A Constituição Federal é a lei maior, que subordina todas as demais normas, sendo as leis federais as que possuem maior relevância nessa hierarquia. As leis estabelecem políticas públicas e proporcionam o ambiente institucional sob o qual se desenvolvem a sociedade, as atividades econômicas, o país e suas regiões. Diversos marcos legais condicionam a trajetória do desenvolvimento rural, das atividades agropecuárias e florestais e dos demais setores ligados ao agronegócio. No entanto, as demandas de alteração das leis são frequentes, e proposições legislativas são constantemente apresentadas e debatidas no Congresso Nacional. Muitas requerem atenção especial, devido ao impacto legislativo potencial, direto ou indireto, para o agronegócio. Nesse capítulo, são apresentados de forma didática e objetiva os principais marcos legais em vigor, que normatizam dispositivos constitucionais, tratam da política agrícola e fundiária e da reforma agrária e das proposições legislativas em tramitação na Câmara dos Deputados e no Senado Federal.

O capítulo 10, de autoria de Adriana Maria Magalhães de Moura, estuda a integração entre as políticas ambiental e agrícola. Essa avaliação traz uma reflexão sobre a relação entre as duas políticas no Brasil, tendo em vista maior integração e sinergia entre elas. Em especial, são analisados instrumentos de financiamento que podem apoiar a transição para sistemas agrícolas sustentáveis e a manutenção de áreas de vegetação nativa nos estabelecimentos agropecuários brasileiros, conforme exigido pelo Código Florestal de 2012.

Talita Priscila Pinto, autora do capítulo 11, aborda a questão da sustentabilidade na produção pecuária. A interação entre as mudanças climáticas e as demandas crescentes da produção pecuária adiciona um elemento a mais na busca pelos ganhos de produtividade, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e ao mesmo tempo aumentando a resiliência aos impactos gerados pelas variações do clima. O estudo mostra que tecnologias como integração produtiva são capazes de promover a neutralidade climática ao setor de pecuária e que a recuperação de pastagens degradadas, além de contribuir com o processo de sequestro de carbono da atmosfera, também gera retornos econômicos superiores ao seu custo de implementação. Segundo a autora, alguns desafios precisam ser contornados para auxiliar a transformação dos sistemas agropecuários tradicionais em sistemas sustentáveis e resilientes.

Fechando a parte 3, o capítulo 12, preparado por José Alex do Nascimento Bento e José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho, introduz o debate entre biocombustíveis, créditos de descarbonização (CBIOs) e mercado de carbono. A política RenovaBio, que visa estimular o uso de biocombustíveis, criou o CBIO, um ativo ambiental responsável por promover a descarbonização, isto é, a substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos menos poluentes. A gasolina e o diesel, *benchmarks* para combustíveis fósseis, quando comparados aos biocombustíveis, tais como o etanol, o biodiesel e o biometano, mostram-se mais poluentes. Nesse capítulo, foi examinada a relação da RenovaBio com o mercado de carbono. Como resultado, identificou-se que as políticas de carbono estudadas são complementares e ambas atenuam a gravidade dos desafios para redução da emissão de gases poluentes. Além disso, essa iniciativa energética pode incentivar a implementação do mercado de carbono brasileiro, contribuindo para a mitigação dos efeitos climáticos negativos, bem como para a diversificação do consumo de combustíveis alternativos.

Portanto, os trabalhos reunidos nesta coletânea contribuem para uma compreensão mais aprofundada e detalhada das questões relacionadas ao desenvolvimento produtivo e sustentável do agronegócio nacional, trazendo o comparativo com os principais países agroexportadores, bem como os principais acertos na expansão produtiva e os gargalos voltados ao escoamento da produção. É fundamental entender o contínuo crescimento produtivo que se observou na economia brasileira, como também conhecer os custos de infraestrutura e a melhor maneira de minimizá-los, a ampliação dos mercados exportadores e as dificuldades de importação de insumos estratégicos, bem como o aperfeiçoamento das políticas públicas a partir de seus resultados. Com um bom diagnóstico setorial e avaliações mais assertivas das políticas, é possível potencializar as intervenções já existentes ou mesmo elaborar novos instrumentos que possam reduzir as imperfeições de mercado. Nesse sentido, os estudos aqui apresentados trazem variadas e ricas contribuições. Registramos, então, aos interessados, o convite à leitura e à consulta deste vasto material.

PARTE 1

Produção e produtividade

CAPÍTULO 1

PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA

José Garcia Gasques[1]
Eliana Teles Bastos[2]
Mirian Bacchi[3]
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[4]
Constanza Valdes[5]

1 INTRODUÇÃO

Ocorrências frequentes de períodos secos ou de excesso de chuvas e outros eventos fazem parte da trajetória da produtividade. Algumas regiões mostram-se mais estáveis, o que se percebe por taxas de crescimento com menores variações. Faz parte da compreensão da dinâmica da agricultura a análise de uma das principais variáveis do setor, isto é, a produtividade, expressa por meio da produtividade total dos fatores (PTF). Considera-se, portanto, relevante identificar alterações e tendências dessa variável.

Modificações expressivas na produção agropecuária, sem dúvida, afetam a taxa de crescimento da PTF. É possível identificar essas alterações a partir das séries de safras publicadas por instituições como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), que têm levantado essas informações há muitos anos. A divulgação das pesquisas anuais do IBGE também é indispensável para esse acompanhamento. Desse modo, é pertinente a atualização de séries de indicadores como a PTF, que tem na sua construção essas variáveis.

O Brasil é um dos países com as maiores taxas de crescimento mundial da PTF (Gasques *et al.*, 2022), o que é surpreendente. No passado, entre 1960 e 1970, especialmente, o país era importador líquido de alimentos e com graves

1. Engenheiro-agrônomo; doutor em economia; e técnico de planejamento e pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). É coordenador-geral de políticas públicas na Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa). *E-mail*: <jose.gasques@agro.gov.br>.

2. Assistente técnica da Coordenação-Geral de Políticas Públicas da SPA/Mapa; e economista e especialista em administração pública. *E-mail*: <eliana.bastos@agro.gov.br>.

3. Professora titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia e pesquisadora do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). *E-mail*: <mrpbacch@usp.br>.

4. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Ipea; também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

5. Economista sênior no Market and Trade Economics Division of Economic Research Service do United States Department of Agriculture (MTED/ERS/USDA), em Kansas City, Missouri. *E-mail*: <cvaldes@ers.usda.gov>.

crises de abastecimento interno. Porém, os investimentos em pesquisa, a partir de 1970, por instituições públicas como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), universidades, institutos de pesquisa e o setor privado, juntamente com políticas setoriais, foram as principais forças para determinar o crescimento da agricultura (Fishlow e Vieira Filho, 2020; Vieira Filho, 2022).

A média brasileira do crescimento da PTF, que se manteve em 3,31% nos últimos 46 anos (1975-2021), foi superior à média mundial de 1,12% ao ano (a.a.). Esteve também acima das médias dos principais produtores mundiais, tais como Estados Unidos (1,48%), Argentina (2,0%) e Austrália (1,56%). Para o período considerado nessa comparação, 1961-2019, a PTF da China foi de 4,41% a.a. No entanto, para períodos mais recentes, a PTF do Brasil foi superior à da China.[6]

Este capítulo procura apresentar e atualizar as estimativas da PTF a partir dos dados do Censo Agropecuário de 2017. Embora os resultados tenham sido originalmente publicados em Vieira Filho e Gasques (2020), busca-se aqui enfatizar uma análise regional da produtividade. Levando-se em consideração uma série de 46 anos, cujo período vai de 1975 a 2021, esta avaliação permite distinguir em qual região o crescimento da agropecuária ocorreu com maior intensidade. Com o apoio das novas estimativas foram analisados os efeitos de políticas sobre a PTF e, por fim, apresentam-se as observações finais.

2 O QUE REVELAM OS DADOS REGIONAIS DOS CENSOS SOBRE CRESCIMENTO?[7]

Para se ter uma ideia da abrangência da PTF, sua formação envolveu a obtenção de valores e quantidades produzidas em 347 atividades agropecuárias que foram agregadas por meio de seus valores pelo índice de Tornqvist (Christensen, 1975). Essa abrangência só é possível com o Censo Agropecuário.

Entre 1970 e 2017, a tecnologia foi uma força relevante do modelo de crescimento. Percebe-se que o produto cresceu 3,22% a.a., e os insumos, 1,17%. A PTF resultante observou um crescimento anual médio de 2,03% nesse período, ao passo que a produtividade foi responsável por 63,1% do crescimento do produto (relação entre 2,03% e 3,22%), conforme dados disponíveis na tabela A.1 do anexo. Desse modo, a tecnologia teve uma forte influência na formação do produto agropecuário. A taxa observada para o crescimento do produto é uma média que tem sido constatada também em períodos mais recentes, como 1997 a 2022.

6. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/agricultural-productivity-in-the-u-s/>.

7. Todas as informações referentes aos dados apresentados nesta parte, bem como as definições necessárias, estão em Gasques *et al*. (2020). O leitor poderá, inclusive, verificar todos os detalhes do cálculo da PTF, definido pela relação de todos os produtos e insumos utilizados.

Merece destaque o Centro-Oeste, que foi a região com maior crescimento entre os Censos Agropecuários de 1970 e 2017. O produto cresceu a 5,91% a.a., e a PTF, a 3,87% a.a. O estado do Mato Grosso foi o que mais cresceu em todo o país – o produto, a 6,32% a.a. e a PTF, a 4,25% a.a. Essa liderança se manteve, o que é observado por meio das estatísticas do Valor Bruto da Produção Agropecuária.[8] Esses dados colocaram o estado como uma das regiões de maior crescimento da agropecuária no mundo.

As regiões Sul e Sudeste também tiveram relativo crescimento, porém com taxas mais baixas que as do Centro-Oeste. O Sul tem crescido a taxas elevadas, e os maiores destaques foram o Paraná e Santa Catarina. O Rio Grande do Sul apresentou, nesse período 1970-2017, níveis mais baixos de crescimento. O Sudeste cresceu a 2,79% a.a. As maiores taxas de crescimento foram observadas em São Paulo e Minas Gerais. A PTF foi considerada baixa nos estados do Sudeste, com média de 1,91% a.a. Parte das razões de Sul e Sudeste apresentarem taxas mais baixas da PTF pode ser atribuída aos níveis de crescimento da produtividade já alcançados. Isso faz com que o crescimento da PTF nessas regiões seja mais baixo.

O crescimento do produto no Norte supera o do Nordeste. Enquanto o Norte tem crescido a 3,22% a.a., o Nordeste chegou a 2,09% a.a. Para alguns estados, como Roraima, Rondônia, Amapá e Pará, as taxas de crescimento foram impressionantes. Essa evidência foi destacada em Gasques *et al*. (2020), pois o Norte foi a região em que o emprego mais cresceu, no período do Censo Agropecuário de 2017.

Resumindo essa rápida passagem do crescimento a partir dos Censos Agropecuários, é possível mostrar que as regiões Centro-Oeste e Sul vêm sustentando o crescimento. Nessas localidades, em especial no Centro-Oeste, ocorreram as mais elevadas taxas de crescimento da PTF. Essas taxas possuem como fonte o crescimento da produtividade da terra, da mão de obra e do capital, cujo crescimento anual tem sido elevado, tal como mostram as estatísticas entre 2006 e 2017 – terra, a 4,87% a.a.; mão de obra, 5,54% a.a.; e capital, 5,23% a.a.

O Censo Agropecuário identificou mudanças relevantes nessas variáveis. A busca por melhorias na educação, em vários níveis pesquisados, contribuiu para se ter uma mão de obra mais qualificada. Tem havido, nos últimos anos, forte esforço em pesquisa, de modo que uma revolução invisível ocorre graças à descoberta de novas variedades de plantas, linhagens na pecuária, equipamentos e máquinas, bem como sistemas de produção que trazem elevada produtividade dos fatores; todas essas mudanças com grande conteúdo de tecnologia (Gasques *et al.*, 2020).

8. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>.

3 ATUALIZAÇÃO DA PTF NO BRASIL[9,10]

Tendo em vista que as pesquisas anuais do IBGE (PAM[11] e PPM[12]) foram publicadas até 2021, este é o ano ao qual este capítulo se refere ao discorrer sobre a atualização da PTF. Como a PTF é definida pela relação entre produto e insumos, o numerador do índice é calculado sobre a produção de 35 lavouras permanentes, 32 lavouras temporárias, 8 atividades da produção animal e do peso de carcaças de bovinos, suínos e aves. Esse conjunto de produtos representa o numerador da PTF. O denominador é formado pelos insumos, que são terras de lavouras e de pastagens, pessoal ocupado, máquinas agrícolas automotrizes, fertilizantes e defensivos agrícolas. Tanto para o produto como para os insumos cada componente participa de acordo com seu peso no valor da produção ou no custo de produção. O capital, por sua vez, denominou-se como o índice obtido a partir de máquinas agrícolas automotrizes, fertilizantes e defensivos.

A maior dificuldade encontrada na estimação da PTF diz respeito aos dados de defensivos agropecuários. Com o passar dos anos, as dificuldades na obtenção das informações relativas a defensivos têm aumentado, assim como as questões pertinentes ao preço da terra, pois não se tem séries de preços anuais e, neste caso, também é preciso utilizar algumas aproximações. As demais informações têm sido obtidas sem muita dificuldade. A tabela 1 apresenta os resultados da PTF e de seus componentes.[13]

TABELA 1
Produto, insumos e PTF: taxa anual de crescimento
(Em %)

Período	**1975-2021**	1975-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2000-2021	2010-2019
			Índice				
Índice produto	**3,77**	4,35	3,38	3,02	5,18	3,65	2,67
Índice insumos	**0,44**	1,38	1,09	0,35	1,34	0,52	0,34
PTF	**3,31**	2,93	2,27	2,66	3,80	3,11	2,32
Índice mão de obra	**-0,45**	0,05	0,60	-0,22	-0,05	-0,90	-1,17
Índice terra	**0,04**	0,58	0,23	-0,20	0,09	0,20	0,28
Índice capital	**0,85**	0,74	0,26	0,78	1,29	1,23	1,25
			Produtividade				
Mão de obra	**4,24**	4,30	2,76	3,25	5,23	4,59	3,89
Terra	**3,72**	3,75	3,15	3,23	5,09	3,45	2,39
Capital	**2,89**	3,58	3,12	2,22	3,84	2,38	1,40

Elaboração dos autores.

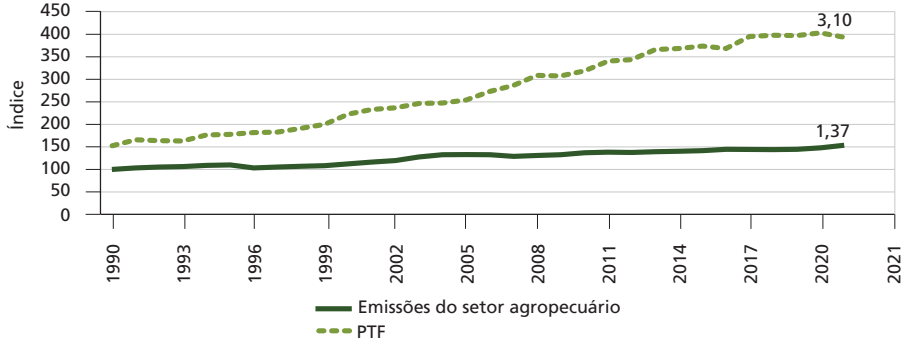
9. Preços de terras agrícolas. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/ precosdeterraagricolas.php>.
10. Pesquisa trimestral de abate de animais. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/primpec/brasil>.
11. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/PAM/tabelas>.
12. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2021>.
13. A série dos índices da PTF, produto e insumos encontra-se disponível na tabela A.1 do apêndice.

Note-se que uma quantidade relevante de informações é obtida ao se fazer a estimação da PTF. Sua abrangência e flexibilidade têm estimulado vários trabalhos. A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (Organisation for Economic Cooperation and Development – OECD), por exemplo, vem utilizando a PTF para estimar os impactos das emissões de gases do efeito estufa sobre o meio ambiente – o que acarreta a diminuição da produtividade – por meio da combinação entre insumos tradicionais e insumos ambientais. Desta forma, a estimação da PTF incluiria variáveis associadas ao meio ambiente que poderiam ser discriminadas por um índice *Z*, tal como se mostra a seguir:

$$Ln\left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}}\right) = Ln(Y_{it}) - Ln(X_{it}) - Ln(Z_{it})$$

Este é ainda um trabalho em progresso, devido às dificuldades de atribuir valores aos insumos ambientais (OECD, 2022a; 2022b). Esses estudos procuram obter um indicador de produtividade sustentável. As emissões de dióxido de carbono, ou CO_2 equivalente, são uma das variáveis incorporadas nos estudos. Neste caso, o esforço é obter um modelo de crescimento em que as emissões não aumentem a taxas superiores às da produtividade total dos fatores. Para um comparativo no Brasil, o gráfico 1 mostra a evolução da PTF e das emissões de CO_2 equivalente. De 1990 a 2021, os dados evidenciam que a taxa de crescimento da PTF na agropecuária tem sido de 3,10% a.a., em média, ao passo que as emissões de CO_2 equivalente cresceram bem menos, 1,37% a.a., para o mesmo período. Isso mostra que, via adoção de novas tecnologias, o setor agropecuário é capaz de emitir cada vez menos gases causadores do efeito estufa (GEE) na atmosfera. A produção agropecuária é parte da solução do problema ambiental, e o Brasil tem muito a contribuir com a sustentabilidade produtiva.

GRÁFICO 1
Produtividade e emissões de CO_2eq (1990 a 2021)



Fonte: Dados de emissões cedidos por Eduardo Assad.
Elaboração dos autores.

O produto da agropecuária cresceu a uma taxa, em geral, acima de 3,0% no período de 1975 a 2021. A década de maior crescimento foi entre 2000 e 2019, quando o produto cresceu 5,18%. A PTF nesse período cresceu 3,8% a.a., o que também é considerada uma taxa elevada. Até a década de 1980, o crescimento se deu com aumento do pessoal ocupado. Nas demais décadas, o crescimento ocorreu com redução do trabalho, que pode ser observado a partir do sinal negativo do índice de mão de obra. O índice de terra tem baixo crescimento ao longo do período 1975-2021. As novas tecnologias e sistemas de produção utilizados têm permitido essa redução. O sistema de plantio direto e os sistemas de integração de atividades permitiram forte redução da expansão de área e ganhos acentuados da produtividade da terra. Este é um dos resultados mais visíveis da pesquisa, que também foi apresentado por Alcantara, Vieira Filho e Gasques (2021).

São surpreendentes as taxas de crescimento da produtividade do trabalho. No período 1975-2021, este crescimento foi de 4,24% a.a. Nas décadas intermediárias, nota-se com mais detalhes como isso ocorreu. Parte desse crescimento, como argumenta Pastore (2021), deve-se aos ganhos de produtividade da terra. A qualificação da mão de obra, o uso de equipamentos modernos e o avanço da informática na agropecuária foram outros pontos relevantes no aumento da produtividade do trabalho nos últimos anos. Esses pontos, adicionados ao aumento do uso de fertilizantes e de máquinas, refletem-se na produtividade do capital, impulsionando o seu uso e sua eficiência.

Como foi observado, apesar de bons resultados obtidos em relação à produtividade, períodos de variações climáticas acentuadas podem afetar o crescimento da PTF. Na série 1975-2021, há alguns períodos, como 2012-2021 e 2017-2021, em que houve forte queda da PTF em relação ao seu crescimento histórico. As evidências indicaram, entre outros fatores, contrações de safras de grãos, principalmente de soja e milho. As ocorrências de secas no Sul, em 2021/2022, em especial no Rio Grande do Sul e no Paraná, provocaram queda acentuada nas safras de soja, milho, feijão e outras lavouras.

4 IMPACTOS DE POLÍTICAS SOBRE A PRODUTIVIDADE

Após tratar da atualização da PTF da agricultura brasileira, buscou-se quantificar o efeito de algumas variáveis econômicas que podem afetá-la, supondo-se que estejam entre os seus principais determinantes. São elas: crédito agrícola (CR); relação entre preços recebidos e pagos (RP); e gastos com pesquisa da Embrapa (GP). A limitação de graus de liberdade em um estudo econométrico conduzido com dados anuais (de 1995 a 2021, neste caso) e a impossibilidade de mensurar variáveis, que também possam afetar a PTF, como o clima, por exemplo, fazem com que se opte pela especificação de um modelo parcimonioso, incluindo

apenas três dos possíveis determinantes da PTF. A omissão de variáveis relevantes e os erros de medida são captados pelo termo de erro estocástico do modelo. O período considerado na análise foi de 1995 a 2021, tomado pelo fato de se ter dados para todas as variáveis utilizadas no modelo.

Na especificação do modelo econométrico, estabeleceu-se que todas as variáveis explicativas afetam a PTF de forma contemporânea, além de propiciarem defasagens, o que se estabelece ao se escolher para a análise um modelo de vetor autorregressivo (VAR), utilizado nesta análise de determinantes da PTF.

Reconhece-se na literatura sobre o assunto que os testes de raiz unitária e os de tendência comum no longo prazo (cointegração) têm baixo poder quando se trata de séries com pequeno número de observações. Dessa forma, os modelos foram ajustados considerando-se duas possibilidades: séries estacionárias em torno de uma tendência determinista e séries integradas com tendência comum no longo prazo. Este segundo modelo apresentou melhores resultados estatísticos que o primeiro, motivo pelo qual se analisou os resultados tomando-se um modelo de vetor autorregressivo com correção de erro (VEC) como referência para a análise. Critérios de informação para modelos multivariados indicaram que o VEC a ser ajustado deveria ser de primeira ordem.

As variáveis utilizadas no modelo VEC foram transformadas em logaritmos, de forma que os parâmetros estimados são as próprias elasticidades. Os efeitos na PTF de um choque na RP, chamado aqui de elasticidade, são obtidos dividindo-se o valor da PTF (em todos os períodos) pelo primeiro valor de RP, considerando-se os resultados da função de resposta ao impulso. O mesmo se faz para choques nas demais variáveis.

Conforme se observa na tabela 2, a variável que se mostrou contemporaneamente mais relevante na explicação da PTF, entre as incluídas no modelo, foi a relação de preços (RP). A elasticidade encontrada, neste caso, foi de 0,28%. No caso da pesquisa, a elasticidade contemporânea estimada foi de 0,13% e, para o crédito rural, de 0,19%. Nos três casos, os coeficientes são significativos estatisticamente considerando nível de significância de 0,05, estando o sinal coerente com o esperado. Na matriz de relações contemporâneas, considerou-se também um efeito da PTF sobre RP, e embora o coeficiente tenha se apresentado não significativo estatisticamente, em nível de significância de até 10%, ele tem sinal negativo, como esperado. Se for admissível considerar-se um erro tipo I de até 12%, pode-se inferir que a relação de preço cai diante de um aumento na PTF.

Modelo alternativo incluindo uma variável representando o valor das exportações brasileiras em dólar foi especificado e ajustado, resultando, para essa variável, em coeficiente não significativo estatisticamente na matriz de relações contemporâneas. Privilegiando-se a questão da parcimônia, optou-se por analisar o modelo sem a inclusão das exportações, tendo em vista o número pequeno de observações de séries anuais.

TABELA 2
Resultados da matriz de relações contemporâneas

Relação analisada	Coeficiente (%)	Desvio-padrão	Teste *t*	Nível de significância
1. Efeito do CR sobre a PTF	0,191	0,042	4,600	0,000
2. Efeito da RP sobre a PTF	0,285	0,080	3,557	0,000
3. Efeito de GP sobre a PTF	0,130	0,061	2,116	0,034
4. Efeito PFF sobre RP	-3,553	2,332	-1,524	0,127

Elaboração dos autores.
Obs.: CR – crédito rural; PTF – produtividade total dos fatores; RP – relação de preços; GP – orçamento da Embrapa.

Como se observa na tabela 3, que apresenta a decomposição da variância dos erros de previsão da PTF, dos determinantes analisados, a RP é o que tem a maior representatividade, seguida do CR, resultado semelhante ao encontrado na matriz de relações contemporâneas.

Ressalte-se, ainda, que, tanto a RP quanto o CR, são potenciais indutores de uso de tecnologia moderna, uma vez que aumentam a liquidez dos *players* no mercado produtor. No entanto, o crédito está diretamente relacionado a uma dívida, que potencialmente deverá ser paga. Acredita-se, assim, que a liquidez financeira, decorrente de relações de preços favoráveis nas atividades agrícolas, seja melhor indutora de adoção de técnicas modernas que o crédito.

TABELA 3
Decomposição da variância do erro de previsão da série PTF

Período	PTF	CR	GP	RP
1	16,881	19,089	3,302	60,728
2	18,526	13,825	4,518	63,131
3	19,644	12,083	4,491	63,782
4	20,264	11,370	4,483	63,883
5	20,576	11,080	4,467	63,877
6	20,719	10,965	4,459	63,858
7	20,779	10,920	4,456	63,845
8	20,804	10,904	4,454	63,839
9	20,813	10,898	4,453	63,836
10	20,816	10,896	4,453	63,835

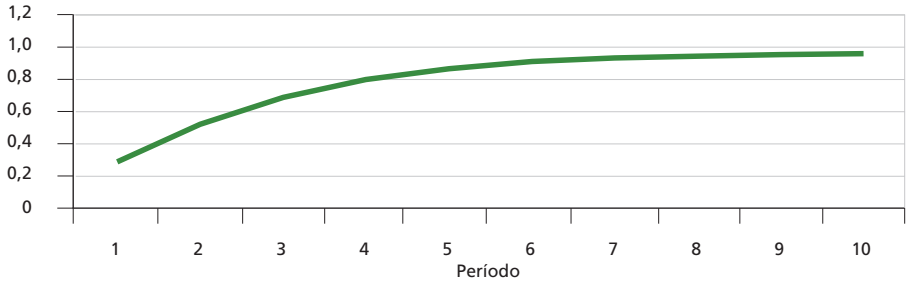
Elaboração dos autores.

Os resultados obtidos a partir das funções de respostas a impulso (gráficos 2, 3 e 4) apontam também que a RP é a variável, entre as consideradas na análise, que tem a maior influência sobre a PTF. Os efeitos das variáveis sobre a PTF, embora sejam decrescentes no tempo, perduram por seis ou sete anos após um choque inesperado em qualquer uma delas.

Diferentemente dos resultados da matriz de relações contemporâneas, que tem um caráter estático, a função de resposta a impulso expressa valores que mostram efeitos interativos entre as variáveis do sistema, sendo considerada uma representação dinâmica. Assim, um choque não antecipado em uma variável do sistema vai afetar todas as demais em maior ou menor intensidade, dependendo do grau de relação entre a variável que recebeu o choque e as outras, o que se dá em períodos sucessivos ao do choque. Por exemplo, um choque em CR afeta a PTF, que, por sua vez, vai afetar a RP, que, num período seguinte, afeta a PTF e outras variáveis que possam estar relacionadas à PTF, e assim por diante. Os resultados obtidos neste estudo, para essa análise dinâmica, mostram que a GP é a segunda variável com maior efeito acumulado sobre a PTF, embora no período inicial o efeito do CR seja maior.

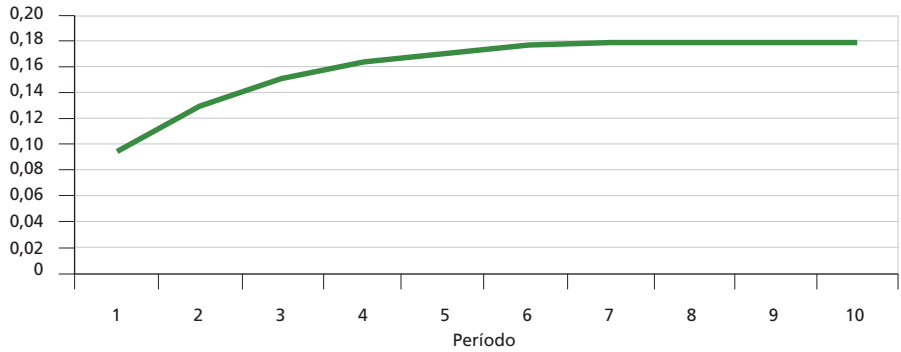
A representação gráfica das elasticidades acumuladas pode ser vista nos gráficos 2 a 4.

GRÁFICO 2
Elasticidades acumuladas de choque em RP sobre a PTF



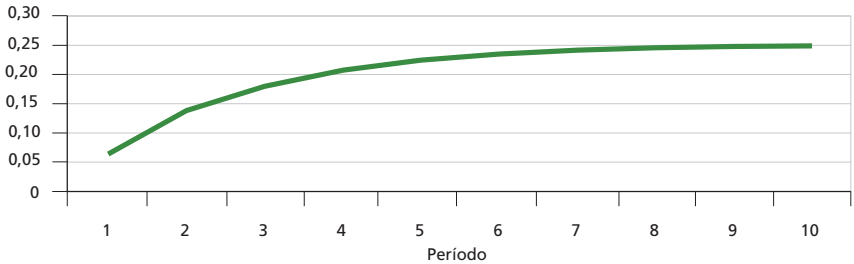
Elaboração dos autores.

GRÁFICO 3
Elasticidades acumuladas de choque em CR sobre a PTF



Elaboração dos autores.

GRÁFICO 4
Elasticidades acumuladas de choque em GP sobre a PTF



Elaboração dos autores.

5 OBSERVAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentadas atualizações da PTF no Brasil, que formou uma série histórica de 1975 a 2021 e demonstrou crescimento a uma taxa de 3,31%. Conforme se observou ao longo do texto, este foi um percentual satisfatório, uma vez que se situou acima da média mundial e também da obtida pelos principais produtores mundiais de produtos agrícolas. Ademais, o crescimento da PTF foi mais do que o dobro do crescimento das emissões de GEE na atmosfera, sinalizando o potencial de sustentabilidade ambiental da produção brasileira.

Além do somatório do período de 46 anos, revisaram-se as taxas de crescimento da PTF, de seus componentes e do produto para vários períodos, nos quais se destacaram observações essenciais ao crescimento da PTF. Este tem sido baseado cada vez mais em tecnologia e novos conhecimentos. As projeções do Ministério da Agricultura apontam um aumento da produção agropecuária de 100 milhões de toneladas na próxima década, sendo a totalidade no setor de alimentos. Isso vai exigir não somente que a agricultura mantenha os níveis de crescimento, mas também a elaboração e a organização de políticas capazes de estimular a produção, que serão importantes para alavancar os investimentos em pesquisa, financiamento e assistência técnica produtiva.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, I. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. Farming production in Brazil: innovation and land-sparing effect. **International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 15, n. 10, p. 93-100, 2021.

CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurement of agricultural productivity. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 57, n. 5, p. 910-915, Dec. 1975.

FISHLOW, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agriculture and industry in Brazil**: innovation and competitiveness. New York: Columbia Press, 2020. 244 p.

GASQUES, J. G. *et al*. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: uma análise do Censo Agropecuário. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea; IBGE, 2020. cap. 7.

GASQUES, J. G. *et al*. **Produtividade total dos fatores na agricultura**: Brasil e países selecionados. Brasília: Ipea, maio 2022. (Texto para Discussão, n. 2764). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11199>.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Agricultural total factor productivity and the environment**: a guide to emerging best practices in measurement. [s.l.]: OECD; FAO, May 2022a. (Agriculture and Fisheries Paper, n. 177). Disponível em: <https://bit.ly/3AtEZFt>.

_____. **Integrated approaches for agricultural sustainability and productivity assessment**. [s.l.]: OECD, Nov. 2022b.

PASTORE, A. C. **Erros do passado, soluções para o futuro**: a herança das políticas econômicas brasileiras do século XX. [s.l.]: Portfolio-Penguin, 2021. 3243 p.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Eliseu Alves e a moderna agricultura do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 28-54, 2022.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil:** cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea; IBGE, 2020. 410 p. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10339/1/UmaJornadaPelosContrastesdoBrasil.pdf>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ALMEIDA, F. M. de S. O que sabemos sobre a qualidade do trabalho na agropecuária brasileira? **O Presente Rural**, 9 mar. 2022. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/o-que-sabemos-sobre-a-qualidade-do-trabalho-na-agropecuaria-brasileira/>.

GASQUES, J. G. *et al*. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: uma análise do Censo Agropecuário. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 107-119.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo AFgropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf>.

ANEXO

TABELA A.1

Taxa de crescimento do produto, dos insumos e da PTF e produtividade da terra, da mão de obra e de capital (1970-2017 e 2006-2017)
(Em %)

UFs e regiões	Produto		Insumos		PTF		Produtividade da terra		Produtividade da mão de obra		Produtividade de capital	
Períodos	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970- 2017	2006- 2017
Brasil	**3,221**	**3,286**	**1,166**	**1,049**	**2,032**	**2,214**	**3,041**	**3,061**	**3,229**	**3,214**	**2,685**	**2,399**
Norte	3,822	2,416	2,927	2,282	0,869	0,131	2,708	1,495	2,501	2,060	3,454	1,534
Acre	1,937	0,434	3,849	5,685	-1,841	-4,969	-0,887	-0,952	1,008	-1,794	1,681	-1,454
Amapá	3,260	6,137	0,236	4,544	3,017	1,524	2,890	5,388	2,770	5,270	3,813	3,087
Amazonas	-0,535	2,010	-0,181	0,435	-0,355	1,568	-0,817	3,970	-0,862	1,734	0,211	-0,077
Pará	2,836	0,926	2,607	3,263	0,223	-2,262	1,776	-0,188	1,758	0,423	2,551	-0,014
Rondônia	7,848	2,310	7,396	2,171	0,421	0,136	5,213	0,956	3,739	2,258	7,154	1,531
Roraima	3,793	6,199	1,279	4,755	2,481	1,379	3,767	4,343	3,009	4,883	3,390	4,477
Tocantins	2,238	6,552	1,088	0,832	1,137	5,673	2,442	6,006	2,301	6,240	2,207	6,320
Nordeste	2,089	-0,214	0,258	-0,297	1,827	0,084	2,214	0,816	1,994	-0,214	1,980	-0,693
Alagoas	1,416	-6,377	-0,321	-2,442	1,743	-4,034	1,657	-4,924	1,402	-6,150	1,642	-6,706
Bahia	2,182	0,855	0,860	0,177	1,310	0,677	2,010	1,601	1,972	0,776	1,979	0,428
Ceará	1,904	-2,907	-0,494	-1,277	2,409	-1,651	2,474	-1,513	1,754	-2,983	1,915	-3,196
Maranhão	2,286	0,340	0,583	0,221	1,693	0,119	1,992	1,208	2,287	0,455	2,184	-0,335
Paraíba	0,766	-2,219	-0,813	-1,211	1,592	-1,021	1,379	-0,506	0,978	-2,250	0,867	-2,621
Pernambuco	1,374	-1,718	-0,868	-2,247	2,261	0,541	1,805	0,000	1,595	-1,579	1,501	-2,129
Piauí	3,874	3,958	1,005	0,753	2,840	3,181	3,947	4,755	3,306	3,956	3,715	3,513
Rio Grande do Norte	2,192	1,599	-0,707	-1,566	2,920	3,215	2,774	3,090	2,410	1,657	1,982	1,297
Sergipe	1,999	1,521	0,422	1,025	1,570	0,491	2,116	2,082	1,872	1,426	1,823	1,073

(Continua)

(Continuação)

UFs e regiões	Produto		Insumos		PTF		Produtividade da terra		Produtividade da mão de obra		Produtividade de capital	
Períodos	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970-2017	2006-2017	1970- 2017	2006- 2017
Sudeste	2,789	3,162	0,859	0,585	1,913	2,562	2,950	3,242	2,789	2,898	2,238	2,194
Espírito Santo	2,406	2,257	0,739	2,342	1,654	-0,083	2,505	2,602	2,222	1,813	2,089	0,296
Minas Gerais	2,648	3,668	1,037	0,785	1,594	2,860	2,832	3,552	2,455	3,393	2,081	2,494
Rio de Janeiro	0,362	-0,006	-0,388	0,856	0,753	-0,854	0,648	-0,050	0,616	-0,334	0,107	-0,595
São Paulo	2,503	2,807	0,667	-0,137	1,823	2,948	2,677	3,230	2,834	2,721	1,934	2,107
Sul	3,650	3,725	1,193	1,460	2,428	2,232	3,558	3,306	3,912	3,850	2,795	2,417
Paraná	4,017	3,437	1,039	1,366	2,947	2,043	3,668	2,630	4,438	3,613	3,312	2,249
Rio Grande do Sul	2,875	3,374	1,543	2,024	1,311	1,323	2,870	3,025	2,942	3,486	1,943	1,996
Santa Catarina	3,956	2,951	1,031	0,798	2,895	2,136	4,050	3,497	4,160	3,003	2,956	1,484
Centro-Oeste	5,912	5,790	1,964	1,895	3,872	3,823	5,455	4,969	5,714	5,543	5,478	5,234
Distrito Federal	6,554	1,951	4,085	2,221	2,372	-0,264	6,429	1,510	5,457	1,678	5,439	1,195
Goiás	4,281	5,767	0,850	1,404	3,402	4,303	4,460	5,180	4,322	5,509	3,821	5,109
Mato Grosso	6,320	6,444	1,983	2,694	4,253	3,652	6,233	5,212	6,366	6,233	5,851	5,806
Mato Grosso do Sul	3,959	3,522	0,889	1,171	3,043	2,323	3,860	3,404	3,966	3,232	3,650	3,143

Fonte: Gasques *et al*. (2020).[1]
Obs.: PTF – produtividade total dos fatores; UFs – Unidades da Federação.

1. Gasques, J. G. *et al*. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: uma análise do Censo Agropecuário. *In*: Vieira Filho, J. E. R.; Gasques, J. G. (Org.). *Uma jornada pelos contrastes do Brasil*: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea; IBGE, 2020. cap. 7.

APÊNDICE

TABELA A.1
Índice de produtividade total dos fatores (PTF) e produtos

	Produção da mão de obra	Produção da terra	Produção da capital	PTF	Índice produto	Índice insumo	Índice mão de obra	Índice terra	Índice capital
1975	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1976	99,03	98,17	98,13	97,29	99,03	101,79	100,00	100,87	100,91
1977	110,35	111,75	111,49	106,56	113,59	106,59	102,93	101,64	101,88
1978	110,89	109,29	108,78	106,30	111,37	104,77	100,43	101,90	102,38
1979	116,62	113,94	113,26	110,53	116,69	105,58	100,06	102,41	103,03
1980	134,22	121,56	120,59	125,61	125,16	99,65	93,25	102,96	103,79
1981	139,62	129,85	129,92	131,70	133,73	101,54	95,79	102,99	102,93
1982	134,48	128,40	129,73	126,59	133,03	105,09	98,92	103,60	102,54
1983	140,11	129,68	129,96	133,13	133,18	100,04	95,05	102,70	102,48
1984	136,94	134,75	134,91	127,55	139,71	109,53	102,02	103,68	103,56
1985	153,73	151,56	153,07	142,99	157,93	110,44	102,73	104,20	103,17
1986	142,76	136,55	135,69	129,90	142,70	109,85	99,96	104,50	105,17
1987	159,19	151,28	150,15	144,79	158,04	109,15	99,27	104,47	105,25
1988	165,01	156,81	156,72	150,10	164,37	109,51	99,61	104,82	104,88
1989	173,52	164,11	164,07	158,12	171,90	108,71	99,06	104,74	104,77
1990	165,80	159,07	157,55	152,65	164,98	108,08	99,51	103,72	104,72
1991	180,22	164,02	162,37	165,84	170,12	102,58	94,40	103,72	104,78
1992	178,63	174,00	171,60	163,82	180,44	110,14	101,01	103,70	105,15
1993	176,88	173,32	168,30	163,19	177,81	108,95	100,53	102,59	105,65
1994	194,50	184,78	180,76	176,61	191,79	108,59	98,61	103,79	106,10
1995	195,40	189,62	185,50	178,02	196,49	110,38	100,56	103,62	105,93
1996	199,95	188,98	180,11	181,90	193,43	106,34	96,74	102,35	107,39
1997	206,83	195,66	181,50	183,02	200,33	109,46	96,86	102,39	110,37
1998	216,94	203,01	186,12	191,26	207,02	108,24	95,43	101,97	111,23
1999	228,02	219,04	200,36	200,21	223,57	111,67	98,05	102,07	111,58
2000	257,66	228,31	205,60	223,02	232,87	104,42	90,38	102,00	113,27
2001	271,25	248,12	220,70	233,09	252,44	108,30	93,07	101,74	114,38
2002	277,07	257,95	229,19	236,81	263,01	111,06	94,92	101,96	114,75
2003	300,94	279,20	240,34	246,68	286,12	115,99	95,08	102,48	119,05
2004	309,85	295,10	249,98	247,68	303,78	122,65	98,04	102,94	121,52
2005	317,73	299,79	253,31	254,19	308,09	121,20	96,97	102,77	121,63
2006	341,66	317,28	265,37	273,13	324,54	118,82	94,99	102,29	122,29
2007	370,61	338,37	273,77	286,40	346,23	120,89	93,42	102,32	126,47

(Continua)

(Continuação)

	Produção da mão de obra	Produção da terra	Produção da capital	PTF	Índice produto	Índice insumo	Índice mão de obra	Índice terra	Índice capital
2008	400,91	357,90	291,49	309,04	367,88	119,04	91,76	102,79	126,21
2009	393,89	350,80	289,17	307,48	360,49	117,24	91,52	102,76	124,66
2010	419,98	374,75	300,45	319,02	385,00	120,68	91,67	102,74	128,14
2011	457,48	391,94	310,79	340,66	404,45	118,72	88,41	103,19	130,14
2012	466,77	389,47	305,52	343,87	401,89	116,87	86,10	103,19	131,55
2013	508,30	414,85	322,44	366,33	430,82	117,61	84,76	103,85	133,61
2014	515,72	422,06	329,45	368,46	441,16	119,73	85,54	104,52	133,91
2015	532,44	430,83	331,10	373,94	450,67	120,52	84,64	104,61	136,11
2016	526,42	418,83	320,19	368,58	437,65	118,74	83,14	104,49	136,68
2017	581,90	452,13	338,70	395,35	474,76	120,09	81,59	105,01	140,17
2018	592,33	460,01	340,14	397,86	482,65	121,31	81,48	104,92	141,90
2019	602,54	466,95	341,95	397,03	492,26	123,99	81,70	105,42	143,96
2020	626,03	477,00	344,62	403,13	505,25	125,33	80,71	105,92	146,61
2021	618,79	475,00	342,94	393,60	506,06	128,57	81,78	106,54	147,56

Elaboração dos autores.

CAPÍTULO 2

MOBILIDADE PRODUTIVA E CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners[1]
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[2]

1 INTRODUÇÃO

O crescimento econômico seria explicado pela mudança tecnológica. O agente produtivo pode incorporar uma nova tecnologia ou conhecimento, que permita produzir um determinado bem a um custo mais baixo, por duas estratégias competitivas: inovação ou imitação. Segundo Nelson e Winter (1982) e Dosi (1984), qualquer método de competição envolve gastos em pesquisa e desenvolvimento.

O Brasil se tornou exemplo de inovação institucional induzida, com a criação de um sistema nacional de pesquisa bem-sucedido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desde a década de 1970 (Ruttan, 2001; Alves, 2010). O modelo institucional brasileiro foi capaz de gerar inovações e técnicas de produção aplicadas ao caso tropical. A adoção tecnológica conduziu ao crescimento da produtividade – aumentando a renda dos produtores – e, ao mesmo tempo, à redução dos seus custos (Vieira Filho, Campos e Ferreira, 2005; Vieira Filho e Silveira, 2016; Fishlow e Vieira Filho, 2020).

Conforme Alves (1984) e Pastore (2021), o aumento da produção esteve associado ao desenvolvimento de políticas públicas, que fomentaram os gastos do governo, assim como do setor privado, em ciência e capital humano. No caso brasileiro, a tecnologia explicou a maior parte do crescimento do valor bruto da produção (VBP) (Vieira Filho, Gasques e Ronsom, 2020). Segundo Gasques *et al*. (2012), o Brasil se destacou pelo potencial de crescimento da produtividade, e, de 2000 em diante, a produtividade total dos fatores (PTF) no país cresceu a uma taxa anual de 3,2%, enquanto a média mundial ficou em torno de 1,7%.

A trajetória de crescimento da agricultura brasileira será aqui estudada pelo movimento da produtividade. Busca-se comparar os seus ganhos com o porte

1. Doutorando em economia agrícola e meio ambiente pela Universidade de Brasília (UnB); pesquisador no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e mestre em desenvolvimento econômico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). *E-mail*: <pg.meiners@gmail.com>.

2. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Dirur e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Ipea; também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

produtivo, em tamanho de área. Entende-se que a competição entre os agentes se dá via inovação tecnológica, de um lado, e aumento da escala produtiva, de outro. O tamanho da propriedade seria uma *proxy* da escala de produção do indivíduo.

Emprega-se o método econométrico de fronteiras estocásticas com o intuito de investigar o crescimento da PTF e avaliar a mobilidade produtiva para diferentes tamanhos de propriedades. Com dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, estimam-se os crescimentos do progresso técnico (PT) e da eficiência técnica (ET). Como problema a ser estudado, questiona-se em que medida o crescimento da produtividade se diferencia em termos de porte produtivo? Como hipótese, avanços tecnológicos estão presentes em todos os tamanhos de fazendas, concentrando-se nos maiores produtores, o que contribui para maior heterogeneidade produtiva. Além disso, o aumento da ineficiência indica que fazendas de menor porte possuem menor capacidade de absorção tecnológica *à la* Cohen e Levinthal (1989).

Para tanto, o capítulo está dividido em cinco seções, além desta breve introdução. A segunda seção apresenta o método de análise. A terceira descreve a construção das variáveis. A quarta seção apresenta a análise descritiva e a avaliação dos resultados encontrados. Por fim, seguem-se as observações finais.

2 MÉTODOS DE ANÁLISE

O método de fronteira estocástica, desenvolvido em Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Den Broeck (1977), permite adicionar à tradicional função de produção um termo que mede a ineficiência das firmas em relação à produtividade máxima plausível de ser obtida dada a dotação de insumos. Ou seja, a firma i no período t a partir da função de produção na equação (1) utiliza-se de uma cesta de insumos X_{it} em uma tecnologia $f(\cdot)$ para obter um produto Q_{it}. Essa tecnologia pode ser alterada no tempo t em que se chama de PT e sofre variações aleatórias de ε_{it}.

$$Q_{it} = f(X_{it}, t, |\beta) exp(\varepsilon_{it}) \quad (1)$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

Mais especificamente, o resíduo da estimação econométrica é subdividido em duas partes mostradas na equação (2). A primeira delas, v_{it}, representa erros aleatórios advindos de erros de medida, aproximações, omissões de variáveis relevantes e outras variações resultantes da escolha da forma funcional. O termo u_{it} é uma variável aleatória não negativa com distribuição *half-normal* representando a distância que as firmas estão da produção eficiente, isto é, do nível esperado de produto segundo a tecnologia disponível e os insumos alocados $(E[Q_{it}|f(X_{it}, t, |\beta) exp(v_{it})])$.

De acordo com Coelli *et al.* (2005), a proporção entre o produto obtido pelas firmas e aquele esperado caso a firma seja completamente eficiente é a ET da firma. Em termos matemáticos:

$$ET_{it} = \frac{Q_{it}}{E\left[Q_{it}\middle|f(X_{it}, t, |\beta)exp(v_{it})\right]} = \frac{f(X_{it}, t, |\beta)exp(v_{it}-u_{it})}{f(X_{it}, t, |\beta)exp(v_{it})} = exp(-u_{it}) \quad (3)$$

A fim de permitir que a eficiência das firmas varie no tempo, Battese e Coelli (1992) propõem uma nova forma para o termo de ineficiência dado a seguir:

$$u_{it} = u_i \cdot e^{-\eta(t-T)} \quad (4)$$

Em que u_i é a ineficiência no período final T. A partir das equações (3) e (4) podemos calcular o crescimento da eficiência técnica (CET) no tempo, isto é:

$$CET_i = -\frac{\Delta u_{it}}{\Delta t} = -\left(u_{i(t+\Delta t)} - u_{it}\right) = \ln\left(\frac{exp(-u_{i2})}{exp(-u_{i1})}\right) = \ln\left(\frac{ET_{i(t+\Delta t)}}{ET_{it}}\right) \quad (5)$$

Como já explicitado, a tecnologia de produção $f(\cdot)$ pode apresentar variação no tempo, independentemente de variações aleatórias e mudanças na eficiência das firmas. Para calcular essa variação, chamada de PT entre dois períodos, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$PT = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \ln f\left(X_{i(t+\Delta t)}, (t + \Delta t)\middle|\beta\right)}{\partial t} + \frac{\partial \ln f(X_{it}, t|\beta)}{\partial t}\right) \quad (6)$$

O valor de PT_t indica o deslocamento da fronteira de produção que todas as firmas podem alcançar; enquanto o valor de ET_{it} indica a posição da firma $\boldsymbol{i}$ em relação à fronteira de produção do tempo t. Como essa relação relativa à interpretação de CET_i não é tão direta, uma firma que use a mesma cesta de insumos para produzir a mesma quantidade de produtos em dois períodos terá perda de eficiência caso haja PT positivo. Isso se deve porque com a nova tecnologia disponível é esperado que a firma produza mais com a mesma quantidade de insumos. Pode-se concluir então que a firma não absorveu os ganhos tecnológicos da fronteira nesse caso. Os casos possíveis, considerando PT positivo, são:

- $PT > 0$ e $CET_i = 0$, avanços de tecnologia com absorção completa pela firma;
- $PT > 0$ e $CET_i < 0$, avanços de tecnologia com absorção não completa pela firma; e
- $PT > 0$ e $CET_i > 0$, avanços de tecnologia com absorção completa pela firma e outros ganhos de eficiência.

Em virtude da grande quantidade de firmas analisadas não é prático observar individualmente a eficiência de cada uma, o que faz com que se use a média do CET ($\overline{CET}_t$) para as subsequentes análises.

Logo, é importante ressaltar que esse novo índice sugere o movimento médio das firmas em resposta à expansão da fronteira (PT_t), que, por sua vez, é realizada pelas firmas mais eficientes. Ao se somarem ambos os efeitos ($PT_t + \overline{CET}_t$), obtém-se o crescimento médio da PTF no setor estudado. É possível defini-la como sendo a relação entre produtos e insumos utilizados no processo produtivo (Q/X).

Em outras palavras, se o PT for nulo ($PT = 0$) e mantiver constante a combinação de insumos ($\bar{X}$), todo o CET refletirá o crescimento da PTF. Porém, com PT positivo, mantendo-se constante a combinação de insumos, o crescimento da PTF é dado pela combinação do crescimento do PT e do CET, conjuntamente.

2.1 Forma funcional

A escolha da forma funcional $f(X_{it}, t|\beta)$ é resultado de algumas suposições sobre como insumos são substitutos/complementares ou como a tecnologia afeta a produtividade. É usual para estudos sobre PTF da agropecuária o uso das formas funcionais: transcendental logarítmica (translog) ou Cobb-Douglas. A primeira forma é considerada mais complexa, permitindo estimar a elasticidade de cada fator, a elasticidade cruzada dos fatores produtivos e a exaustão de cada fator no seu termo quadrático. Na Cobb-Douglas, não existem interações entre fatores, e a tecnologia é a Hicks-neutra, afetando apenas a função como um todo. A função de produção Cobb-Douglas seria uma aproximação da função translog, quando a elasticidade de substituição dos fatores produtivos tende para uma constante unitária.

Apesar de a forma translog ser a mais usada em estudos de produtividade, não seria adequada para análises com poucos pontos no tempo, como mostram Rada e Buccola (2012) e Lázari e Magalhães (2019). Neste estudo, consideram-se apenas dois períodos: 2006 e 2017. Portanto, a forma Cobb-Douglas foi escolhida. A equação (7) define a forma funcional:

$$f(x_{it}, t|\beta) = A(t) \prod_k X_{kit}^{\beta_k}$$
$$A(t) = A_0 e^{\theta t} \tag{7}$$

Em que $A(t)$ é a tecnologia Hicks-neutra no tempo t; X_{kit} é a quantidade do insumo k utilizado pela firma i no tempo t; β_k determina o produto marginal de x_k; e θ determina o PT.

Substituindo (7) e (4) em (1) obtém-se a função de produção Cobb-Douglas com PT Hicks-neutra e ineficiência técnica variante no tempo:

$$Q_{it} = A_0 e^{\theta t} \cdot \prod_k X_{kit}^{\beta_k} \cdot e^{v_{it} - u_i \cdot exp(-\eta(t-T))} \tag{8}$$

Para permitir a estimação de (8) por regressões lineares aplica-se uma transformação logarítmica. Assim, o modelo a ser estimado é dado por:

$$q_{it} = \alpha + \theta t + \sum_k \beta_k x_{kit} + v_{it} - u_i e^{-\eta(t-T)} \quad (9)$$

Em que variáveis minúsculas (q, α e x) são os logaritmos naturais das maiúsculas (Q, A, X) na equação (8).

3 CONSTRUÇÃO DAS VARIÁVEIS

Vale ressaltar que o modelo apresentado anteriormente não é estimado usando microdados no nível de propriedades, mas valores agregados por microrregiões. Isso se dá em razão da restrição aplicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na oferta de dados do Censo Agropecuário, a fim de evitar a identificação dos proprietários agrícolas.

As principais variáveis empregadas no modelo foram retiradas dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, para três grupos de área total, que são:

- (0,20] hectares de área total; ou pequenos produtores;
- (20,200] hectares de área total; ou médios produtores; e
- (200, +∞) hectares de área total; ou grandes produtores.

Para fins de comparação, estimou-se também o modelo agregado de todos os produtores. A agregação dos dados implica a pressuposição de que a função de produção agrícola é homogênea dentro de cada grupo, hipótese, porém, contestada em Meiners e Torres (2022). Entretanto, o caráter heterogêneo já foi tratado como não limitante em outros estudos, tais como Helfand, Moreira e Figueiredo (2011) e Rada, Helfand e Magalhães (2019). As variáveis usadas são as médias de cada grupo de área em cada microrregião, ou seja, é o valor total de cada variável dividido pelo número de produtores. Assim, busca-se trabalhar com o produtor representativo de cada grupo de área nas diferentes microrregiões.

3.1 Produção

A variável dependente desta análise é o VBP, em milhares de reais. Para deflacionar os valores de 2017 aos níveis de 2006, empregou-se um índice de quantidade de Tornqvist em níveis estaduais, como os apresentados em Gasques, Vieira Filho e Navarro (2010). Com isso, removem-se os efeitos dos preços agrícolas no valor produção total, permitindo as diferenças regionais de preços em função de movimentos de oferta e demanda locais.

3.2 Terra

Para a variável terra, utiliza-se o total de área cultivada (em hectares) de agricultura temporária e permanente. Considera-se que a área destinada a pastos é representada implicitamente pelo número de animais boi-equivalente, que faz parte da construção da variável de capital.

Para unificar a variável terra na função de produção necessita-se do uso de alguma técnica de indexação,[3] visto que a simples adição das áreas implicaria a presunção de que os retornos seriam iguais em todos os produtos. Ou seja, um hectare de soja geraria a mesma produção que um hectare de pequi em todo o Brasil.

Portanto, utiliza-se o método de beta coeficientes demonstrado em Wooldridge (2015) para gerar pesos, que consiste em estimar uma regressão de mínimos quadrados ordinários (MQO) entre VBP padronizado (ou seja, subtraído de sua média e dividido pelo seu desvio-padrão) e as variáveis de terra também padronizadas, mais claramente:

Seja: $X^* = \frac{X-X}{\widehat{\sigma_x}}$, então:

$$VBP^* = \left(\frac{\widehat{\sigma_{x1}}}{\widehat{\sigma_{vbp}}}\right)\widehat{\beta_{x1}}X_1^* + \left(\frac{\widehat{\sigma_{x2}}}{\widehat{\sigma_{vbp}}}\right)\widehat{\beta_{x2}}X_2^* + \frac{e_i}{\widehat{\sigma_{vbp}}} \tag{10}$$

Tem-se que $\tilde{\beta} = \left(\frac{\widehat{\sigma_x}}{\widehat{\sigma_{vbp}}}\right)\widehat{\beta_x}$ expressa o efeito da variação de um desvio-padrão da variável x em termos de desvio-padrão no VBP.

Após o cálculo de beta coeficientes, normalizam-se os valores a fim de representar pesos, $w_{v1} = \frac{\widetilde{\beta_{v1}}}{\widetilde{\beta_{v1}}+\widetilde{\beta_{v2}}}$, de cada variável na produção. Por fim, multiplicam-se as variáveis pelos respectivos pesos para serem somadas com o objetivo de criar um índice de terra. Esse processo foi realizado separadamente por grupo de área em cada uma das cinco macrorregiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). No caso em que algum beta coeficiente foi negativo, estimativas para o modelo sem distinção de grupos de área foram utilizadas.

3.3 Capital

Para compor o estoque de capital fixo foram considerados dois tipos: animal e mecânico. Como descrito por Hayami e Ruttan (1985, tradução nossa) "animais representam uma forma de acumulação interna de capital", ou seja, a existência de um animal sugere a presença de infraestrutura para manter, engordar, reproduzir,

3. Para agregar as áreas de acordo com suas destinações finais, é usual na literatura, como visto em Rada, Helfand e Magalhães (2019), o uso do preço médio estadual de arrendamento de terras por utilização. Esses dados são fornecidos pela Fundação Getulio Vargas (FGV). Não obstante, estas informações não estão disponíveis de forma aberta. Optou-se, portanto, pela construção dos indexadores.

abater e colher a produção de seus derivados, como leite, ovos, adubos etc. Deste modo, foram considerados quatro tipos de animais: bovinos, suínos, galináceos e caprinos. Para agregar as quantidades de cada animal, as proporções de boi-equivalente utilizadas foram de 1, 1/5, 1/100 e 1/10, respectivamente (Hayami e Ruttan, 1985).

No caso do capital mecânico, utiliza-se, assim como Bragagnolo, Spolador e Barros (2021), o número de tratores como *proxy*. Do mesmo modo que no caso da terra, utilizam-se beta coeficientes da equação (10) para agregar os dois tipos de capital em um índice de capital fixo.

3.4 Trabalho

Para compor a variável trabalho tem-se o total de pessoas ocupadas nos estabelecimentos.

3.5 Controles

Controles são fatores exógenos à decisão de otimização das firmas, mas que ainda assim influenciam o nível produtivo final. Para se obterem estimações menos enviesadas, trabalhou-se com duas variáveis climáticas nos anos de apuração dos censos: total de precipitação e média da temperatura na microrregião. Esses dados foram retirados de Camarillo-Naranjo *et al.* (2019).

3.6 Valores faltantes e omissões

Como política de segurança, o IBGE omite observações em que houve menos de três respondentes. Esta limitação já é relatada em outros estudos de função de produção com dados dos censos. Porém, o problema se acentua pelo fato do uso de dados desagregados em estratos de áreas. A fim de minimizar o número de dados faltantes (*missings*), optou-se pelo uso de estatísticas no nível microrregional.[4]

Para observações omitidas, mesmo na agregação por microrregiões, utilizam-se técnicas de imputação semelhantes a Helfand, Magalhães e Rada (2015). Primeiro, calcula-se o valor faltante da variável na microrregião. Depois, aloca-se este valor às observações omitidas, de acordo com pesos proporcionais à participação de cada grupo de área nos estados. Por exemplo, o município tem R$ 2 mil de produção alocados nos dezoito diferentes grupos de área total relatados pelos censos, mas cinco observações são omitidas, e a soma restante é R$ 1.700. Logo, os R$ 300 faltantes são alocados de acordo com a proporção dos grupos de áreas totais no estado.

4. Adicionalmente, algumas variáveis mais precisas para medir os insumos foram substituídas por *proxies* mais simples, a fim de evitar *missings*, como é o caso do capital fixo, que pode ser estimado mais precisamente em Rada, Helfand e Magalhães (2019) e Meiners e Torres (2022).

4 RESULTADOS

4.1 Estatísticas descritivas

Na tabela 1, apresentam-se as estatísticas descritivas das variáveis estudadas, por ano e estratos de área. Observa-se que, de 2006 a 2017, o produtor representativo brasileiro aumentou sua produção em R$ 21,2 mil.[5] Esse aumento ocorre em consequência do grande crescimento dos maiores produtores (50,3%) e, posteriormente, dos médios, que tiveram um acréscimo de 15,5% na sua produção. O produtor de menor porte apresentou diminuição da produção média em 6,1%, no mesmo período.

TABELA 1
Estatísticas das variáveis principais

Estratos de área	Variável	2006				2017				Variação (%)
		Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	
Brasil	VBP (R$ mil)	62,9	101,5	3,0	934,1	84,1	144,5	0,2	1.455,1	33,6
	Terra (ha)	14,4	38,9	0,5	488,0	18,4	48,5	0,3	583,6	27,9
	Capital	8,2	9,4	0,4	83,9	10,3	9,2	0,4	88,5	25,8
	Trabalho (pessoas)	4,3	1,5	2,5	19,7	3,5	1,2	2,0	15,8	-17,9
(0, 20] ha	VBP (R$ mil)	16,4	17,8	1,8	181,5	15,3	19,3	0,1	215,0	-6,1
	Terra (ha)	1,1	0,8	0,1	3,9	0,9	0,6	0,1	3,4	-16,7
	Capital	2,8	4,3	0,1	44,2	5,1	5,3	0,1	44,9	82,6
	Trabalho (pessoas)	3,4	0,8	2,0	10,3	2,8	0,6	1,9	10,4	-17,8
(20, 200] ha	VBP (R$ mil)	54,6	68,2	4,2	818,9	63,1	89,3	0,4	1.011,5	15,6
	Terra (ha)	7,6	7,3	0,5	42,4	6,5	7,7	0,3	46,6	-13,9
	Capital	11,7	10,5	0,4	86,7	16,2	12,3	0,9	98,1	37,6
	Trabalho (pessoas)	4,9	2,3	2,6	23,3	3,7	1,1	2,0	10,4	-25,2
(200, ...) ha	VBP (R$ mil)	447,6	692,5	8,8	5.769,0	672,9	1.042,0	1,8	10.873,5	50,3
	Terra (ha)	126,7	192,4	1,9	1.727,5	151,1	228,5	1,5	2.025,6	19,2
	Capital	24,8	21,8	1,0	189,0	23,6	19,8	2,4	221,7	-4,6
	Trabalho (pessoas)	17,9	17,3	3,2	142,0	12,5	12,1	3,0	143,8	-30,0

Fonte: Censo Agropecuário/IBGE.
Elaboração dos autores.
Obs.: Variáveis monetárias estão em reais de 2006.

A quantidade de terra empregada na agricultura cresceu, em média, 4 ha[6] entre os períodos. Porém, esse aumento foi concentrado no produtor de maior

5. Reais em valores de 2006 a partir do processo de deflação descrito em 3.1.
6. Hectares aqui refere-se ao índice de terra produtiva descrito em 3.2.

porte, que apresentou variação percentual elevada no período – 19,2%. Os produtores pequeno e médio reduziram, em média, o uso de terra em 17% e 14%, respectivamente. O aumento médio da produção com um menor uso da terra revela que estes produtores se tornaram mais eficientes no uso desse insumo no período analisado.

O emprego de capital por produtor no Brasil cresceu, em média, 25%, em ambos os censos. A acumulação de capital foi mais intensa entre produtores de menor e médio porte, que expandiram 82% e 37,5%, respectivamente. Os maiores produtores observaram decrescimento de 4,6%, em média, no uso de capital.

Por fim, a força de trabalho diminuiu em todos os grupos de área, com decrescimento de 0,6, 1,2 e 5,4 trabalhadores, para os menores, médios e maiores produtores, respectivamente. Isso é reflexo da maior modernização da agricultura brasileira, demonstrado pelo crescimento do insumo de capital.

4.2 Análise econométrica

Foram estimados quatro modelos, um para o Brasil e mais um para cada grupo de área. A tabela 2 expõe os crescimentos da PTF de cada modelo, que podem ser separados em PT e CET. Também são apresentadas as elasticidades de produção de cada insumo.

Observa-se um crescimento médio de 2,2% ao ano (a.a.) no período analisado para a agricultura brasileira como um todo. Isso é explicado em grande parte pelo avanço tecnológico na forma de PT, atingindo 5,3%. No entanto, verifica-se uma perda de ET de 3,1% para o país, o que demonstra dificuldade na absorção de tecnologias e novos conhecimentos por parte dos produtores.

TABELA 2
Crescimento médio anual da PTF, PT e CET: elasticidades de produção
(Em %)

Estratos de área	PTF	CET	PT	eTerra	eTrabalho	eCapital
Brasil	2,2	-3,1	5,3	0,503	0,810	0,300
				(0,02)	(0,084)	(0,023)
(0, 20] ha	-1,7	-4,3	2,7	0,475	0,648	0,249
				(0,037)	(0,119)	(0,022)
(20, 200] ha	3,5	-2,3	5,8	0,525	0,638	0,191
				(0,029)	(0,073)	(0,027)
(200, ...) ha	5,1	-2,3	7,4	0,460	0,549	0,588
				(0,020)	(0,038)	(0,036)

Elaboração dos autores.
Obs.: Os crescimentos da PTF, CET e PT são obtidos na forma acumulada de 2006 a 2017, e depois transformados em médias anuais.

Na separação por porte produtivo, em termos de área, destacam-se negativamente os produtores de menor porte, que obtiveram queda na PTF de 1,7% a.a., em média. Isso é resultado do menor PT e da maior redução da eficiência entre os três estratos de tamanho de área. Em outras palavras, os pequenos produtores pouco inovaram nos onze anos da pesquisa e, além de não absorverem essa inovação, pioraram a eficiência, o que pode sinalizar problemas na extensão e na sua capacidade de absorção tecnológica para o período de 2006 a 2017.

Isso difere do que foi verificado por Rada, Helfand e Magalhães (2019) para o período 1985-2006, em que os pequenos produtores têm grandes avanços na PTF em comparação com os de médio porte. Verifica-se, então, que o efeito de *catching-up* apresentado pelos autores, focado em períodos anteriores, não mais se mantém, o que dificulta a mobilidade produtiva no país.

Os produtores de médio porte apresentaram crescimento da produtividade maior que o nacional, chegando à média anual de 3,5%, resultado de uma melhor absorção de tecnologias na média, além de apresentar a menor perda de ET – -2,3% a.a. em média.

O maior crescimento da PTF é encontrado entre os produtores de maior porte produtivo, em que se verifica o avanço da produtividade em 5,1% a.a. em média. Esse grande crescimento foi resultado do maior avanço tecnológico (PT) entre todos os grupos de áreas, chegando a 7,4% a.a., enquanto a perda de eficiência acompanhou índices similares para os produtores com áreas médias.

Resta para futuros estudos verificar como o crescimento da PTF em diferentes grupos de área se comporta em níveis estaduais ou regionais, como fizeram Lázari e Magalhães (2019), para o Sudeste, no período 1985-2006, o que permitirá avaliar de forma mais efetiva a mobilidade produtiva, geograficamente concentrada no país.

A partir das elasticidades dos fatores individuais, verificaram-se relações esperadas na teoria. Primeiro, a produtividade do fator trabalho aparenta ser maior quão menor for a propriedade. Segundo, este comportamento se inverte quando se analisa o fator capital. Terceiro, para o fator terra, as elasticidades são bastante próximas, mas verifica-se que as propriedades de porte médio apresentam maior ganho marginal.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo analisou três variáveis: o PT, a ET e a produtividade. Buscou-se avaliar também em que medida o porte produtivo, em termos de área, influenciaria a dinâmica de crescimento destas variáveis. Os resultados foram bastante interessantes, mostrando que o porte produtivo interfere de forma a beneficiar aqueles com maior escala produtiva, tal como previsto na hipótese levantada.

Entende-se que os produtores de maior porte obtiveram mais sucesso no desenvolvimento de negócios mais rentáveis de produção e melhores taxas de absorção das tecnologias e novos conhecimentos desenvolvidos. Em contraste, os de menor porte, que dependem mais de programas assistenciais e instituições estatais para o seu desenvolvimento, não foram tão bem-sucedidos.

No intuito de aprofundar as análises, é importante verificar o comportamento da PTF, em diferentes grupos de áreas, em níveis regionais, seja por estado ou macrorregiões (tal como estudado no capítulo 1). O Brasil, desde os anos 2000, promoveu forte interiorização da produção, aumentando grãos e pecuária para regiões no centro do país, como Centro-Oeste e Matopiba.[7] Este deslocamento produtivo (foco dos capítulos 7 e 8) também interfere na dinâmica da produtividade.

Essa avaliação, por conta das restrições de dados, procurou avaliar o produtor representativo. No entanto, o acesso aos microdados do IBGE pode minimizar o problema dos recortes metodológicos, bem como da perda de informações relevantes. A desagregação, em vez do porte produtivo, poderia se dar por recortes econômicos, o que traria melhores indicadores da evolução produtiva. Para futuros estudos, com a informação individualizada, será possível estudar melhor a mobilidade produtiva entre os agentes, particularmente no que se refere aos estratos de renda.

REFERÊNCIAS

AIGNER, D.; LOVELL, C. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, n. 1, p. 21-37, 1977.

ALVES, E. R. A. Brazil's program for development of agricultural researchers. **Brazilian Agriculture and Agricultural Research**, v. 9, n. 7, p.161-173, 1984.

_____. Embrapa: a successful case of institutional innovation. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, p. 64-72, 2010.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. **Journal of Productivity Analysis**, v. 3, n. 1, p. 153-169, 1992.

BRAGAGNOLO, C.; SPOLADOR, H. F. S.; BARROS, G. S. D. C. PTF agrícola: atualização segundo o censo de 2017. **Revista de Política Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 107, 2021.

CAMARILLO-NARANJO, J. M. *et al*. The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination. **International Journal of Digital Earth**, v. 12, n. 4, p. 394-414, 2019.

7. Acrônimo formado por Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

COELLI, T. J. *et al*. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer, 2005.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R&D. **The Economic Journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989.

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation**. New York: St. Martin's Press, 1984. 338 p.

FISHLOW, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agriculture and industry in Brazil**: innovation and competitiveness. New York: Columbia Press, 2020. 244 p.

GASQUES, J. G. *et al*. Total factor productivity in Brazilian agriculture. *In*: FUGLIE, K. O.; WANG, S. L.; BALL, V. E. (Ed.). **Productivity growth in agriculture**: an international perspective. Oxfordshire: CAB International, 2012, cap. 7, p. 145-162.

GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. **A agricultura brasileira**: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília: Embrapa; Ipea, 2010.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. (Org.). **Agricultural development**: an international perspective. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985.

HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size**. Washington, D.C.: IDB, 2015. (IDB Working Paper Series, n. 609).

HELFAND, S. M.; MOREIRA, A. R. B.; FIGUEIREDO, A. M. R. Explicando as diferenças de pobreza entre produtores agrícolas no Brasil: simulações contrafactuais com o censo agropecuário 1995-96. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 391-418, 2011.

LÁZARI, N. C. de; MAGALHÃES, M. M. de. Crescimento da PTF segundo tamanho de estabelecimentos rurais na região Sudeste, de 1985 a 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, p. 198-214, 2019.

MEEUSEN, W.; DEN BROECK, J. van. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, 1977.

MEINERS, P. G.; TORRES, M. de O. Heterogeneity in agricultural factor productivity across and within farm size groups in Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 76, p. 72-91, 2022.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Massachusetts: Harvard University Press, 1982.

PASTORE, A. C. **Erros do passado, soluções para o futuro**: a herança das políticas econômicas brasileiras do século XX. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2021. 343 p.

RADA, N. E.; BUCCOLA, S. T. Agricultural policy and productivity: evidence from Brazilian censuses. **Agricultural Economics**, v. 43, n. 4, p. 355-367, 2012.

RADA, N. E.; HELFAND, S.; MAGALHÃES, M. Agricultural productivity growth in Brazil: large and small farms excel. **Food Policy**, v. 84, p. 176-185, 2019.

RUTTAN, V. W. (Org.). **Technology, growth and development**: an induced innovation perspective. New York: Oxford University Press, 2001.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; CAMPOS, A. C.; FERREIRA, C. M. C. Abordagem alternativa do crescimento agrícola: um modelo de dinâmica evolucionária. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 2, p. 425-476, jul./dez. 2005.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; RONSOM, S. Inovação e expansão agropecuária brasileira. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos de censo agropecuário. Brasília: Ipea, 2020. cap. 8, p. 121-134.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. Competências organizacionais, trajetória tecnológica e aprendizado local na agricultura: o paradoxo de Prebisch. **Revista Economia e Sociedade**, v. 25, n. 3, p. 599-629, 2016.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics**: a modern approach. Boston: Cengage Learning, 2015.

CAPÍTULO 3

REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA NO BRASIL E PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Raúl Alfonso Velilla Gómez[1]
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[2]

1 INTRODUÇÃO

Uma vasta literatura econômica argumenta que os direitos de propriedade bem definidos sobre o uso da terra são fundamentais para criar os incentivos necessários para o desenvolvimento econômico (Besley e Ghatak, 2010). Uma vez que os incentivos a investir dependem significativamente das expectativas de direitos sobre os retornos potenciais do investimento, os direitos de propriedade oferecem segurança e garantia sobre estes retornos. Nesse sentido, o setor agrícola não é a exceção, afinal os direitos de propriedade bem definidos sustentam a eficiência no uso da terra e dos recursos escassos (Goldstein e Udry, 2008). Quando os direitos de propriedade são claros, os proprietários de terras têm incentivos para investir em seus terrenos, melhorar sua qualidade e aumentar a produtividade. De fato, a garantia da posse da terra tem sido utilizada pelos gestores públicos como mecanismo para desenvolver o setor agrícola (Bambio e Agha, 2018).

Conforme o relatório *Desafios da Nação* do Ipea (De Negri e Araújo, 2018), ao identificar os principais desafios da economia brasileira, o setor agropecuário era responsável por um terço do produto interno bruto (PIB), além de preservar um quarto do território nacional com vegetação nativa (ou o equivalente a 170 milhões de hectares em reserva legal). Portanto, uma parcela significativa de preservação ambiental estava dentro dos imóveis e empreendimentos rurais. O estudo relatou também que regras institucionais mais estáveis, na garantia da propriedade privada, contribuiriam para o aumento da produtividade aliado à sustentabilidade ambiental.

No Brasil, o processo de regularização de assentados tem se tornado debate de interesse da política agrária nacional, dada a importância do setor agropecuário na economia do país, na geração de empregos e na participação das exportações. Não há dúvida que o agronegócio em geral tem auxiliado significativamente o crescimento e o desenvolvimento econômico nacional nas últimas décadas.

1. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <raul.gomez@ipea.gov.br>.

2. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Dirur e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Ipea; também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

A participação do setor agropecuário representou cerca de 27% da produção nacional em 2021 (Cepea, 2022). O segmento foi responsável, em média, por 24% da população economicamente ativa (De Negri e Araújo, 2018). Já as exportações do setor representaram, em média, cerca de 42% do total nacional, enquanto as importações mantiveram-se na margem de 8% (ver capítulo 4 para aprofundar as questões do comércio internacional).

Desde 2000, o Brasil tem apresentado avanços significativos na produtividade agropecuária. Segundo Gasques *et al.* (2020), a produtividade total dos fatores (PTF) cresceu, anualmente, a uma taxa de 2,2% entre 2006 e 2017, mostrando que houve mudanças relevantes na adoção de novas tecnologias. A inovação no campo vem aumentando inclusive a produtividade do trabalho. Para a manutenção do crescimento, existem desafios a serem superados. Os investimentos em inovação e tecnologia poderão aumentar a produtividade e conciliar a sustentabilidade ambiental (Fishlow e Vieira Filho, 2020; Gasques *et al.*, 2022).

Diante desse cenário, a política de regularização fundiária desempenha papel importante ao reconhecer juridicamente o título de propriedade. Em particular, a regularização de terras pode ter um impacto nos ganhos de produtividade, já que, como donos do negócio, os produtores tendem a melhorar a eficiência no uso dos fatores produtivos. A posse segura da terra permite que os agricultores tenham incentivos a investir na melhoria de longo prazo das suas fazendas mediante a mecanização e fertilização dos solos, visando colher os benefícios desses investimentos sem medo de sofrer confisco de suas terras. Como observado por Vieira Filho (2022), a intensificação tecnológica e produtiva gera o "efeito poupa-florestas": ao mesmo tempo que os agricultores aumentam a sua produtividade, também preservam o meio ambiente.

Vale ressaltar que esse processo enfrenta alguns riscos, como o aumento potencial de titulação em áreas de conflito, a expansão do desmatamento anterior à titulação, bem como o incentivo à ocupação de novas áreas, visando à titulação futura (Lipscomb e Prabakaran, 2020). Diante deste cenário, o grande desafio que se coloca é desenhar mecanismos e políticas públicas eficientes que permitam maior controle para minimizar estes problemas.

Este texto visa aprofundar o debate sobre a importância e eficácia da política de regularização fundiária no Brasil, especificamente em relação ao programa Titula Brasil. Em particular, busca-se analisar a evolução do processo de regularização de terras nos anos recentes. Um problema que pode ser estudado, caso haja acesso a dados individualizados com o ano da titulação definitiva, é: qual é o impacto da política de regularização fundiária sobre o desenvolvimento econômico. Como não houve acesso aos dados identificados com os anos das titulações, este estudo traz evidências para a análise da política ou intervenção da regularização fundiária e sua relação com variáveis de produção agropecuária.

Para tanto, o capítulo está dividido em seis seções, incluindo esta introdução. Na seção 2, documentam-se os mecanismos pelos quais a titulação de terras relaciona-se com a produtividade. Na seção 3, são discutidos e analisados dados censitários e das políticas de titulação. Na seção 4, é apresentado o modelo empírico e, na seção 5, são apresentados os resultados. Por fim, discutem-se sugestões para a implementação de políticas públicas e desafios a serem superados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Titulação de terra e produtividade agrícola

Como a titulação de terras (direito de propriedade) pode melhorar a produtividade agrícola? Existem várias razões pelas quais as titulações de terras interferem no aumento da produtividade agrícola. A segurança dos direitos de propriedade sobre a terra pode ser fundamental para atrair investimentos produtivos, acesso ao crédito e comercialização de terras, o que pode, por sua vez, levar a um aumento da produtividade agrícola.

Em primeiro lugar, com o risco de expropriação ou perda da posse da terra, os agricultores alteram os incentivos a investir. Com direitos de propriedade bem definidos, os proprietários alocam de forma mais eficiente os recursos e tendem a aumentar o investimento produtivo (Besley, 1995).

Em segundo lugar, a titulação de terras é crucial para o acesso ao mercado de crédito dos agricultores, uma vez que a terra serve como garantia para o empréstimo. Com a segurança de não ser expropriado e conseguindo ingressar no mercado de crédito, os agricultores têm incentivos e recursos para investir em inovação e tecnologia, o que permitiria incrementar a produtividade e, consequentemente, aumentar o valor da produção.

Finalmente, a formalização dos direitos de propriedade pode facilitar a comercialização de terras e aumentar a eficiência do mercado de terras. Com direitos de propriedade claros e completos, os custos de transação de terras podem ser menores, e a alocação de recursos pode ser mais eficiente.

3 ANÁLISE DE DADOS E DIAGNÓSTICO

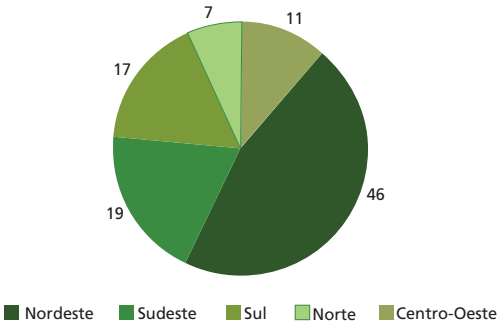
Segundo o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estabelecimento agropecuário é definido como

> toda unidade de produção/exploração dedicada, total ou parcialmente, a atividades agropecuárias, florestais ou aquícolas, independentemente de seu tamanho, de sua forma jurídica (se pertence a um produtor, a vários produtores, a uma empresa, a um conjunto de empresas etc.), ou de sua localização (área urbana ou rural), tendo como objetivo a produção, seja para venda (comercialização da produção), seja para subsistência (sustento do produtor ou de sua família) (IBGE, 2019, p. 14).

O IBGE também considera recenseáveis os hortos, fazendas, postos zootécnicos, escolas profissionais, patronatos, reformatórios, hospitais, asilos, estações experimentais e hotéis-fazenda, explorações de conventos, orfanatos, prisões ou locais de lazer, desde que tenham algum tipo de exploração agropecuária, florestal ou aquícola, com exceção dos quintais de residência com hortas domésticas ou com criação de animais domésticos.

Segundo o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019), existem aproximadamente 5 milhões de estabelecimentos agropecuários ao longo das regiões brasileiras. O gráfico 1 ilustra a distribuição percentual dos estabelecimentos entre as regiões. A maior proporção destes estabelecimentos se localiza na região Nordeste, com cerca de 45,8% do total nacional, sendo a maior parte da agricultura familiar. No entanto, a análise aqui pretende colocar um olhar especial na região Norte, por entender que é neste domínio que se tem a maior parte do bioma amazônico. Vale ressaltar que a Floresta Amazônica se expande também para os estados do Mato Grosso, do Maranhão e para uma pequena parcela do Tocantins.

GRÁFICO 1
Distribuição dos estabelecimentos agropecuários por Grandes Regiões (2017)
(Em %)



Fonte: IBGE (2019).
Elaboração dos autores.

A tabela 1 apresenta a divisão do número de estabelecimentos pela condição legal do produtor em relação à terra, bem como a classificação por regiões. No painel A, são mostradas as informações referentes a 2017. No painel B, têm-se as informações para 2006. Evidencia-se uma diminuição de aproximadamente 100 mil estabelecimentos agrícolas com relação ao censo anterior. Esta redução apresenta-se principalmente nas regiões Sul e Nordeste (152 mil e 131 mil estabelecimentos, respectivamente). No restante das regiões, o comportamento é o oposto, existindo um incremento no número de estabelecimentos.

Quanto à distribuição da posse da terra no país, há um incremento no número de proprietários em comparação com o ano de 2006. O Brasil passou de

3,9 milhões de proprietários, em 2006, para 4,1 milhões, em 2017, um acréscimo de 4,1%. Assim, aproximadamente 81% dos estabelecimentos possuem proprietário, como pode ser notado no gráfico 2. Neste quesito, destaca-se a região Norte, com um incremento de cerca de 31% no número de proprietários. Conforme se observa na tabela 1, a região Norte passou de 374 mil para 490 mil proprietários (116 mil novos proprietários), entre os períodos censitários. Um comportamento similar foi evidenciado na região Nordeste, com aproximadamente 111 mil novos proprietários (+6,6% em relação a 2006). No entanto, uma tendência distinta foi presenciada na região Sul, onde houve um decréscimo de cerca de 102 mil unidades censitárias.[3]

Analisando em detalhe os estabelecimentos categorizados como concessionários ou assentados aguardando titulação definitiva, o Brasil passou de 3,7% para 5,1% do total de estabelecimentos. Vale destacar que, para 2017, o número de concessionários ou assentados era de aproximadamente 258 mil, enquanto, para 2006, era cerca de 189 mil. Em outras palavras, o número de assentados aguardando titulação definitiva aumentou em 36%. Dos 69 mil novos assentados aguardando titulação, 20% estão localizados na região Norte.

TABELA 1
Número de estabelecimentos agropecuários por condição legal do produtor em relação às terras, por regiões (2006 e 2017)

	Total	Proprietário(a)	Participação (%)	Concessionário(a) ou assentado(a)	Participação (%)	Outros	Participação (%)
Painel A: Censo Agropecuário 2017							
Norte	**580.613**	490.055	84,4	40.574	7,0	49.984	8,6
Nordeste	**2.322.719**	1.793.934	77,2	123.575	5,3	405.210	17,4
Sudeste	**969.415**	806.980	83,2	29.034	3,0	133.401	13,8
Sul	**853.314**	737.613	86,4	25.422	3,0	90.279	10,6
Centro-Oeste	**347.263**	280.057	80,6	39.704	11,4	27.502	7,9
Brasil	**5.073.324**	**4.108.639**	**81,0**	**258.309**	**5,1**	**706.376**	**13,9**
Painel B: Censo Agropecuário 2006							
Norte	**475.778**	374.051	78,6	26.720	5,6	75.007	15,8
Nordeste	**2.454.060**	1.682.794	68,6	86.406	3,5	684.860	27,9
Sudeste	**922.097**	792.033	85,9	17.897	1,9	112.167	12,2
Sul	**1.006.203**	839.690	83,5	22.279	2,2	144.234	14,3
Centro-Oeste	**317.498**	257.843	81,2	35.891	11,3	23.764	7,5
Brasil	**5.175.636**	**3.946.411**	**76,2**	**189.193**	**3,7**	**1.040.032**	**20,1**

Fonte: IBGE (2006; 2019).
Elaboração dos autores.

3. É importante ainda ressaltar que o número de produtores sem área diminuiu significativamente desde 2006 até 2017. Na região Norte, por exemplo, em 2006, 31 mil unidades foram classificadas como "produtor sem área"; este número caiu para 9 mil em 2017.

GRÁFICO 2
Distribuição dos estabelecimentos agropecuários por condição legal da terra (2017)
(Em %)

Fonte: IBGE (2019).
Elaboração dos autores.

3.1 Avanços na titulação

Existem números significativos de estabelecimentos agropecuários categorizados como concessionários ou assentados, que estão aguardando por titulação definitiva. No Brasil, este número é de 9.427 assentamentos distribuídos em 2.167 municípios,

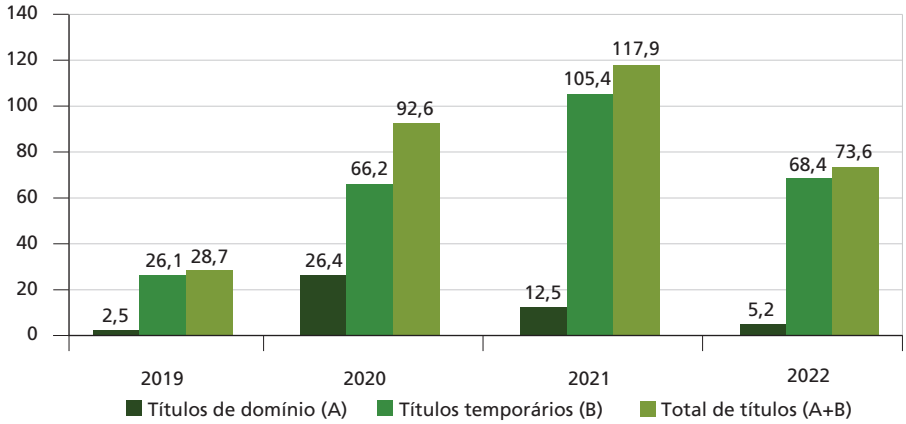
o que envolve aproximadamente 968 mil famílias (Incra, 2022). As informações públicas relacionadas ao processo de titulação no Brasil em projetos de assentamentos, até então disponibilizadas, estão disponíveis de forma desagregada em nível de regiões, Unidade Federativa (UF) ou superintendência a partir de 2019. O gráfico 3 e a tabela 2 mostram os resultados da titulação de 2019 até abril de 2022. Para este período de análise, foram emitidos 312.799 títulos. Evidencia-se uma trajetória crescente a partir de 2020, sendo 2021 o ano que apresentou o maior número de títulos emitidos (117.908).

Segundo o Observatório da Agropecuária Brasileira,[4] os títulos podem ser divididos em três tipos diferentes:[5]

- Títulos de Domínios (TDs);
- Concessão de Direito Real de Uso (CDRU); e
- Contrato de Concessão de Uso (CCU).

A primeira e a segunda categoria correspondem a documentos definitivos, já a terceira é considerada uma categoria de documentos provisórios. Assim, foram emitidos 47.977 títulos de caráter definitivo (46.575 TDs e 1.402 CDRUs) e 264.822 provisórios, o que corresponde a 15,3% e 84,7% do total, respectivamente.

GRÁFICO 3
Total de títulos emitidos em projetos de assentamentos por tipo de título (2019-2022)
(Em 1 mil unidades)



Fonte: Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
Elaboração dos autores.
Obs.: As informações apresentadas são provenientes da última atualização, de abril de 2022.

4. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
5. Para definições, ver Gómez e Vieira Filho (2023).

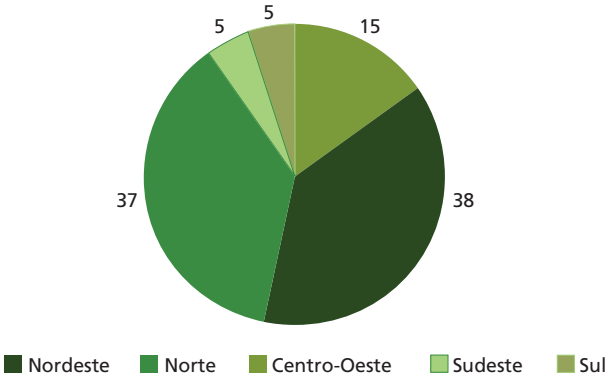
TABELA 2
Total de títulos emitidos em projetos de assentamentos por tipo de título (2019-2022)

Tipo de título	2019	2020	2021	2022	**Total período**
TD	2.532	26.355	12.496	5.192	**46.575**
CDRU	4	397	795	206	**1.402**
CCU	26.131	65.845	104.617	68.229	**264.822**
Total	**28.667**	**92.597**	**117.908**	**73.627**	**312.799**

Fonte: Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
Elaboração dos autores.
Obs.: 1. As informações apresentadas são provenientes da última atualização, de abril de 2022.
2. O somatório de todos os documentos provisórios (CCUs) e definitivos (TDs, CDRUs) dentro do período selecionado.

O resultado dos documentos emitidos em projetos de assentamentos está concentrado nas regiões Norte e Nordeste. Conjuntamente, cerca de 75% dos títulos emitidos foram de áreas localizadas nestas regiões. O gráfico 4 apresenta esta distribuição. Deve-se mencionar que a maior parte dos projetos de assentamentos está localizada em municípios dentro destas regiões.

GRÁFICO 4
Participação regional em títulos emitidos em projetos de assentamentos (2022)
(Em %)



Fonte: Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
Elaboração dos autores.
Obs.: As informações apresentadas são provenientes da última atualização, em abril de 2022.

A tabela 3 apresenta a distribuição dos títulos emitidos em projetos de assentamentos por regiões e tipos de títulos durante os últimos quatro anos. O painel A exibe informações sobre os títulos de domínio. É possível ver que aproximadamente 46 mil documentos de domínio foram emitidos no Brasil nesse período, com a região Norte sendo a maior participante, representando 50,2%, conforme mostrado no gráfico 5.

No painel B, têm-se os títulos de CDRU, embora seja uma categoria com uma menor participação no total nacional (0,44%), destaca-se a região Norte novamente como o local com maior emissão de títulos desta natureza.

No painel C, ilustram-se os documentos de CCU. Como foi definido, este tipo de títulos é de caráter provisório e representa a maior proporção, cerca de 84,7% do total nacional. Analisando a distribuição ao longo das Grandes Regiões, o Nordeste coloca-se em primeiro lugar nesta classificação com 110 mil títulos (41,6%), conforme ilustrado no painel C do gráfico 5.

Resumidamente, podemos ressaltar que durante os últimos quatro anos, cerca de 18% dos estabelecimentos caracterizados no censo como assentados aguardando titulação definitiva receberam um título.

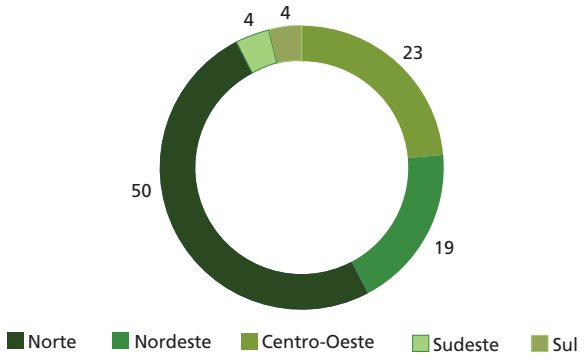
TABELA 3
Total de títulos emitidos em projetos de assentamentos por Grandes Regiões e tipo de título (2019-2022)

	2019	2020	2021	2022	**Total período**
		Painel A: TD			
Centro-Oeste	307	4.874	4.291	1.501	**10.973**
Nordeste	1.028	2.299	4.087	1.306	**8.720**
Norte	1.124	18.209	2.585	1.470	**23.388**
Sudeste	8	363	1.049	291	**1.711**
Sul	65	610	484	624	**1.783**
Brasil	**2.532**	**26.355**	**12.496**	**5.192**	**46.575**
		Painel B: CDRU			
Centro-Oeste	0	0	6	0	**6**
Nordeste	0	297	13	8	**318**
Norte	4	100	776	198	**1.078**
Sudeste	0	0	0	0	**0**
Sul	0	0	0	0	**0**
Brasil	**4**	**397**	**795**	**206**	**1.402**
		Painel C: CCU			
Centro-Oeste	5.840	4.287	10.938	15.646	**36.711**
Nordeste	11.510	30.250	36.811	31.490	**110.061**
Norte	3.535	25.158	45.780	16.579	**91.052**
Sudeste	2.407	2.290	5.832	2.384	**12.913**
Sul	2.839	3.860	5.256	2.130	**14.085**
Brasil	**26.131**	**65.845**	**104.617**	**68.229**	**264.822**

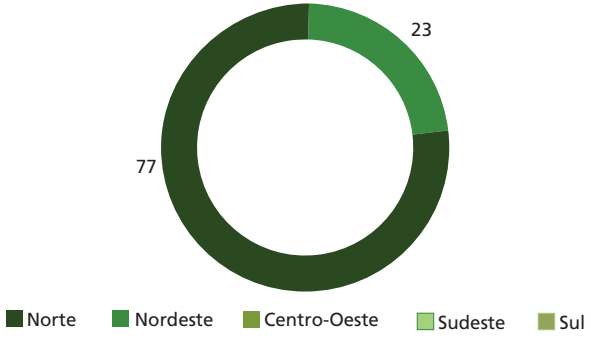
Fonte: Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
Elaboração dos autores.
Obs.: As informações apresentadas são provenientes da última atualização, de abril de 2022.

GRÁFICO 5
Participação regional por tipo de título em projetos de assentamentos
(Em %)

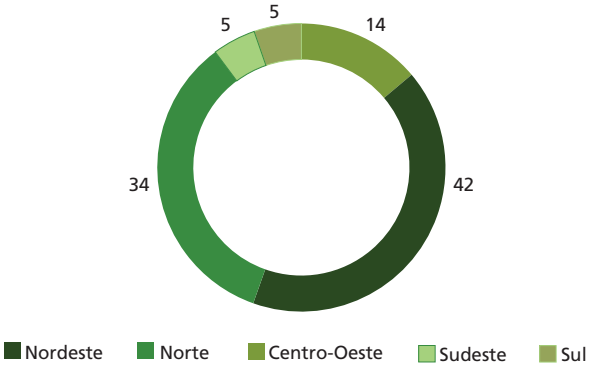
5A – Painel A: TD



5B – Painel B: CDRU



5C – Painel C: CCU



Fonte: Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
Elaboração dos autores.
Obs.: As informações apresentadas são provenientes da última atualização, de abril de 2022.

3.2 Programa Titula Brasil

O programa Titula Brasil foi criado em dezembro de 2020, instituindo as bases da política de titulação nos projetos de reforma agrária do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) ou de terras públicas federais passíveis de regularização fundiária. Estas terras podem estar sob domínio do Incra ou da União (Incra, 2022).[6]

A tabela 4 mostra as principais estatísticas do programa Titula Brasil. Desde a data do início do programa até abril de 2022, 1.226 municípios solicitaram pedidos de adesão, dos quais 680 firmaram o Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre o Incra e o município (55,4% de taxa de conversão). Contudo, existem 372 municípios com solicitações em análise, o que significa que a taxa de conversão ao programa pode ser ainda maior.

Ao examinar o comportamento das Grandes Regiões, observa-se que o Nordeste liderou em número de solicitações de adesão, com 443 municípios. Destes, 262 concordaram com o ACT, o que resulta em uma taxa de conversão de 59,1%. As regiões Norte e Centro-Oeste também tiveram uma participação significativa, com 276 e 202 municípios, respectivamente. Já as regiões Sul e Sudeste tiveram uma participação relativamente menor, representando 12,7% e 12,1% dos pedidos de adesão em nível nacional.

TABELA 4
Estatísticas do programa Titula Brasil (2022)

	Pedidos de adesão	ACTs firmados	Pedidos em análise	Pedidos indeferidos	Desistências	Taxa de conversão (%)
Centro-Oeste	202	148	42	11	1	73,27
Nordeste	443	262	103	78	0	59,14
Norte	276	125	131	9	11	45,29
Sudeste	149	52	47	50	0	34,90
Sul	156	93	49	13	1	59,62
Brasil	**1.226**	**680**	**372**	**161**	**13**	**55,46**

Fonte: Observatório da Agropecuária Brasileira. Disponível em: <https://observatorio.agropecuaria.inmet.gov.br/paineis/assuntosFundiarios?lang=pt-BR>.
Elaboração dos autores.
Obs.: As informações apresentadas são provenientes da última atualização, em abril de 2022.

6. O programa Titula Brasil é uma iniciativa do governo brasileiro para registrar os imóveis rurais no país, a fim de regularizar a situação fundiária e assim incentivar o desenvolvimento rural. O programa tem como objetivo assegurar a propriedade de imóveis rurais para agricultores familiares, quilombolas, comunidades indígenas, entre outros, por meio do registro e da emissão de títulos de propriedade.

4 MODELO EMPÍRICO

4.1 Relação entre títulos de domínio e produção agrícola

Para identificar a relação existente entre os títulos de propriedades e ganhos na produção, foram utilizados dados da pesquisa de Produção Agrícola Municipal (PAM) e do Incra, referentes aos anos de 2019 a 2021. Os dados utilizados nesta análise estão no nível de UF, uma vez que foi o menor nível de desagregação obtido. Os dados foram empilhados e, assim, tem-se a variação no nível de UF, bem como ao longo do tempo. O modelo empírico a estimar possui a seguinte especificação:

$$\ln(y_{i,t}) = \beta \ln(titulosdominio_{i,t}) + \alpha_i + \gamma_t + Z_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Em que $ln(y_i)$ refere-se ao valor da produção ou à área plantada na UF *i* no ano *t*. A variável independente de interesse é o $ln(titulosdominio_{i,t})$, que representa o logaritmo do número total de títulos de propriedades definitivos emitidos na UF *i* no ano *t*. O parâmetro de interesse β mede o grau de relação entre a quantidade de títulos e as variáveis relacionadas à produção agrícola (valor da produção e área plantada). O modelo considera efeitos fixos de UF (*i*), que absorvem quaisquer fatores invariantes no tempo não observáveis, como características geográficas, que podem confundir o coeficiente estimado específico daquela UF. O efeito fixo do ano (*t*), que permite capturar o choque agregado que afeta o país inteiro, mas que pode mudar ao longo do tempo, também foi incluído. O parâmetro Z_i representa um vetor de características socioeconômicas de cada UF *i* (população e taxa de participação). Os modelos estimados usam erros-padrão robustos ajustados por *cluster* no nível da região para levar em consideração qualquer correlação serial. A equação foi estimada por meio do método de mínimos quadrados ordinários (MQO).

5 RESULTADOS

A equação (1) permitiu analisar a relação existente entre os títulos de domínio definitivo e as variáveis de rendimentos agrícolas. Os resultados dessa estimativa encontram-se na tabela 5, em que de 1 a 3 o modelo foi estimado utilizando-se o valor da produção como variável dependente, já de 4 a 6 a área plantada foi utilizada como variável dependente. Nas colunas 1 e 4 constam estimativas sem nenhum controle. Já nas colunas 2 e 5, incorporam-se os efeitos fixos, e nas colunas 3 e 6 alguns controles são adicionados.

TABELA 5
Títulos de domínio: produção e área plantada como variável de resultado

	1	2	3	4	5	6
Títulos domínio (em Ln)	.1239227**	.1921116***	.1691033***	.127664**	.2003949***	.1790176***
	(.051845)	(.0587636)	(.0431084)	(.0528812)	(.0650782)	(.0559053)
Observações	81	81	81	81	81	81
R2	.067443	.5099584	.7163723	.0687059	.4615532	.6530007

Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Cada coeficiente é de uma regressão diferente. Em 1 até 3 a variável dependente é o logaritmo do valor da produção, enquanto em 4 até 6 a variável dependente é o logaritmo da área plantada. Já para todos os modelos a variável independente é o logaritmo do número de títulos de domínio. Os modelos 3 e 6 contêm efeitos fixos e variáveis de controle. Em particular, controlou-se pelo logaritmo da população e pelo logaritmo da taxa de participação no mercado de trabalho.
2. * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.
3. Erros-padrão entre parênteses.

Como pode ser observado na tabela 5, a variável que representa a quantidade de títulos de domínio foi estatisticamente significativa para explicar a relação com o valor da produção e a área plantada em todos os seis modelos estimados. Em suma, incrementos no número de títulos de caráter definitivo emitidos estão associados a incrementos no valor da produção e na área plantada. Embora estes resultados devam ser interpretados com cautela, pois não representam uma relação causal, eles apresentam uma forte correlação positiva.

Para suportar os resultados, estimou-se o mesmo modelo de regressão, apresentado na equação (1), utilizando-se o número total de títulos e o número de títulos temporários, como variável independente. Os resultados deste exercício foram apresentados nas tabelas 6 e 7, respectivamente. Em resumo, o total de títulos e os títulos temporários apresentam uma associação positiva e estatisticamente significativa com o total da produção e com a área plantada. Na tabela 6, as colunas 3 e 6 expõem a elasticidade do total de títulos em relação ao valor da produção e área plantada, respectivamente. A análise dos coeficientes informa que, como esperado, um aumento em 1% no total de títulos está associado ao incremento de 0,53 ponto percentual (p.p.) no valor da produção e 0,59 p.p. na área plantada.

TABELA 6
Títulos totais: produção e área plantada como variável de resultado

	1	2	3	4	5	6
Títulos totais (em Ln)	.4735498***	.7083444***	.5303165***	.4960298***	.7690251***	.5985433***
	(.1315224)	(.1350541)	(.1179417)	(.133655)	(.1232691)	(.1242147)
Observações	81	81	81	81	81	81
R2	.1409662	.6227975	.7393459	.1484639	.5981004	.6926019

Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Cada coeficiente é de uma regressão diferente. Em 1 até 3 a variável dependente é o logaritmo do valor da produção, enquanto 4 até 6 a variável dependente é o logaritmo da área plantada. Já para todos os modelos a variável independente é o logaritmo do número de títulos de domínio. Os modelos 3 e 6 contêm efeitos fixos e variáveis de controle. Em particular, controlou-se pelo logaritmo da população e pelo logaritmo da taxa de participação no mercado de trabalho.
2. * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.
3. Erros-padrão entre parênteses.

TABELA 7
Títulos temporários: produção e área plantada como variável de resultado

	1	2	3	4	5	6
Títulos temporários (em Ln)	.4461943***	.6325482***	.4622616***	.4687633***	.6871248***	.5233122***
	(.128395)	(.1251078)	(.1170124)	(.1304532)	(.1195799)	(.125738)
Observações	81	81	81	81	81	81
R2	.1409662	.1326002	.6051025	.1404835	.5783333	.6786829

Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Cada coeficiente é de uma regressão diferente. Em 1 até 3 a variável dependente é o logaritmo do valor da produção, enquanto em 4 até 6 a variável dependente é o logaritmo da área plantada. Já para todos os modelos a variável independente é o logaritmo do número de títulos de domínio. Os modelos 3 e 6 contêm efeitos fixos e variáveis de controle. Em particular, controlou-se pelo logaritmo da população e pelo logaritmo da taxa de participação no mercado de trabalho.
2. * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.
3. Erros-padrão entre parênteses.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação existente entre os direitos de propriedade sobre o uso da terra e variáveis econômicas no setor rural é uma questão importante e controversa nas políticas de desenvolvimento agrícola. Neste estudo, foi analisada a política de regularização de terras nos projetos de assentamentos no Brasil. Em particular, verificou-se a relação existente entre a política de regularização de terras e a produção agrícola nos estados brasileiros. Os principais resultados indicam que esta relação é positiva e estatisticamente significativa. Resumidamente, constatou-se que aumentos no número de títulos de caráter definitivo estão associados aos incrementos no valor da produção agrícola e na área plantada. Vale ressaltar que estes resultados devem ser interpretados como correlações e não como efeitos causais, uma vez que a limitação de dados não possibilitou as análises de relação.

Na literatura nacional, há pouca evidência sobre os impactos do programa Titula Brasil. Considerando a importância da regularização fundiária, ela é essencial para garantir a distribuição de terra aos agricultores que há anos contribuem com a produção de alimentos e que, ao mesmo tempo, ajudaram a preservar o meio ambiente. Entretanto, torna-se necessário fazer um diagnóstico sobre a evolução e o estado do processo de regularização fundiária e de assentamentos em nível desagregado, utilizando dados sobre os produtores titulados e/ou prestes a receber títulos. Informação detalhada ajudaria a estimar efeitos causais da política e assim este tipo de análise poderia ajudar os órgãos governamentais e os agentes políticos de três formas.

1) Entender a evolução e o estado da política de regularização de terra de maneira desagregada. A desagregação dos dados fornece uma melhor visão de como estão sendo distribuídos os títulos, o que leva a melhores decisões nas áreas onde podem existir gargalos.

2) Avaliar os efeitos da política de regularização sobre variáveis econômicas como a produção agrícola, produtividade e diminuição do desmatamento. A análise desses indicadores fornecerá informações concretas que revelarão se a política está atingindo seus objetivos e contribuindo para a melhoria da vida dos produtores rurais.

3) Contribuir, levando em consideração os resultados desta avaliação preliminar, para o debate público sobre os mecanismos de melhorias na implementação do processo de regularização fundiária no Brasil.

Não obstante, isso só pode ser possível utilizando-se dados no nível de produtor (ou assentado da reforma agrária), informação sigilosa administrada pelo Incra. Para isso, não há dúvidas que instituições de pesquisa como o Ipea, por capacidade reconhecida na avaliação de políticas públicas, poderiam efetivar esta análise no nível desagregado. Sem sombra de dúvidas, a avaliação do programa Titula Brasil é fundamental para qualquer estratégia política no campo da produção agropecuária e do controle da sustentabilidade ambiental, notadamente no conjunto dos assentamentos rurais no Brasil. O esforço de titulação foi notório nos últimos anos, mas esta política precisa de avaliação criteriosa e econômica, de forma a indicar os passos futuros do que fazer.

REFERÊNCIAS

BAMBIO, Y.; AGHA, S. Land tenure security and investment: does strength of land right really matter in rural Burkina Faso? **World Development**, v. 111, p. 130-147, 2018.

BESLEY, T. Property rights and investment incentives: theory and evidence from Ghana. **Journal of Political Economy**, v. 103, n. 5, p. 903-937, 1995.

BESLEY, T.; GHATAK, M. Property rights and economic development. *In*: RODRIK, D.; ROSENZWEIG, M. (Ed.). **Handbook of development economics**, [s.l.]: Elsevier, v. 5, 2010. p. 4525-4595.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do agronegócio brasileiro**. Piracicaba: Esalq-USP, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3rySgZC>.

DE NEGRI, J. A. de; ARAÚJO, B. C. (Org.). **Desafios da nação**: artigos de apoio. Brasília: Ipea, 2018. v. 2, 678 p.

FISHLOW, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agriculture and industry in Brazil**: innovation and competitiveness. New York: Columbia Press, 2020.

GASQUES, J. G. *et al*. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira: uma análise do Censo Agropecuário. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos de censo agropecuário. Brasília: Ipea, 2020. p. 107-119.

GASQUES, J. G. *et al*. **Produtividade total dos fatores na agricultura**: Brasil e países selecionados. Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2764).

GOLDSTEIN, M.; UDRY, C. The profits of power: land rights and agricultural investment in Ghana. **Journal of Political Economy**, v. 116, n. 6, p. 981-1022, 2008.

GÓMEZ, R. A. V.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Regularização fundiária no Brasil**: avanços e desafios. Brasília: Ipea, 2023. (Texto para Discussão, n. 2851).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

_____. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/41N1ykQ>.

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Titula Brasil**. Brasília: Incra, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/incra/pt-br/titulabrasil>.

LIPSCOMB, M.; PRABAKARAN, N. Property rights and deforestation: evidence from the Terra Legal land reform in the Brazilian Amazon. **World Development**, v. 129, 2020.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agricultura e pecuária, energia e o efeito poupa-florestas**: um comparativo internacional. Brasília: Ipea, 2022. (Nota Técnica, n. 30).

CAPÍTULO 4

COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL DO AGRONEGÓCIO

Zenaide Rodrigues Ferreira[1]
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[2]

1 INTRODUÇÃO

O comércio internacional do setor agropecuário passou por transformações significativas ao longo das últimas décadas. O crescimento econômico mundial, verificado a partir de 1990, particularmente entre os países emergentes, esteve diretamente relacionado à ampliação do comércio internacional de produtos da cadeia alimentar. Os ganhos de produtividade, obtidos com a revolução tecnológica desse setor, e o surgimento de importantes *players* mundiais na produção agropecuária também responderam pela expansão do comércio mundial do segmento.

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO), em 2021, o setor agroexportador mundial movimentou aproximadamente US$ 1,8 bilhão, apresentando um crescimento de 7,3% em relação ao início dos anos 2000. Esse crescimento foi acompanhado por um aumento da complexidade das cadeias produtivas, especialmente aquelas relacionadas à produção de grãos, oleaginosas, proteína animal, açúcar, bioenergia e produtos florestais. Essas evidências caracterizaram a nova natureza de inserção comercial dos países agroexportadores, em produtos com alta tecnologia embarcada, mesmo nos bens exportados mais básicos e primários.

Assim, a inserção e a expansão internacional de produtos do setor agropecuário exigem cada vez mais melhorias na competitividade dos países exportadores. Como sugerido por Carvalho (2019), ao lado de políticas comerciais ativas para o setor exportador, a tecnologia aparece como um dos caminhos mais viáveis para o alcance e a consolidação de vantagens comparativas, desde os nichos mais tradicionais, como *commodities* primárias, até aqueles de mais alta tecnologia.

1. Doutoranda em economia pela Universidade de Brasília (UnB); pesquisadora no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e professora de economia no Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (Ibmec). *E-mail*: <zenaide.r.ferreira@gmail.com>.

2. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Dirur e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Ipea; também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

A modernização da agricultura brasileira é um exemplo estilizado. Vieira Filho (2022) ressalta que a inserção competitiva do Brasil no mercado internacional só foi possível devido à transformação da agricultura tropical, baseada na criação e na difusão de novos conhecimentos, bem como no fomento da pesquisa aplicada, e não apenas na importação de insumos com tecnologia cristalizada.[3]

Sendo assim, este capítulo busca realizar uma caracterização da competitividade internacional do setor agroexportador, utilizando indicadores de especialização internacional, baseados nos fluxos de comércio. Os indicadores calculados foram: i) Vantagem Comparativa Revelada (VCR); ii) Contribuição ao Saldo Comercial (ICSC); e iii) Taxa de Cobertura (TC). Para essa análise, foram selecionadas as dez principais economias agroexportadoras do mundo. Em ordem crescente do *ranking* do valor das exportações agropecuárias, os países analisados foram: Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica.[4]

A análise pode sinalizar as principais tendências estruturais nessas economias, ocorridas no período de 1995 a 2021. Os resultados, além de identificar produtos e setores que tiveram melhor inserção econômica no mercado internacional, mostram a vantagem comparativa revelada e a contribuição ao saldo comercial desses países. Assim, é possível comparar o Brasil com os seus principais competidores, sinalizando os espaços potenciais de especialização e de crescimento produtivo.

Para tanto, são apresentadas quatro seções, incluindo esta breve introdução. A seção 2 descreve a metodologia do cálculo dos indicadores e apresenta os grupos de produtos exportados. A seção 3 apresenta a discussão dos resultados em duas subseções. Na primeira, faz-se um diagnóstico do setor agroexportador nos países selecionados. Na segunda, discutem-se os resultados dos indicadores. Por fim, seguem-se as considerações e sugestões de políticas públicas.

2 METODOLOGIA

Para analisar a especialização produtiva no comércio internacional de produtos agropecuários, foram calculados indicadores baseados em fluxos comerciais, que permitem mensurar a tendência na especialização produtiva internacional. Foram considerados os setores relacionados a produções de oleaginosas, de carnes, de cereais, de laticínios, de café, de gorduras e óleos de origem animal ou vegetal,

3. Para um diagnóstico mais amplo da produção brasileira e das transformações do setor agropecuário, confira Vieira Filho e Gasques (2020) e Navarro (2020).

4. Essa seleção foi baseada no valor médio das exportações de 2011 a 2021, entre todos os países do mundo, segundo os dados da FAO (2021).

de açúcares e de algodão.[5] Os indicadores são baseados no conceito de VCR, de ICSC e de TC, que foram propostos por Balassa (1965), Lafay (1990) e Gutman e Miotti (1998).

O indicador de VCR calcula a relação entre a participação de mercado do setor de interesse e a participação da região (país) no total das exportações de uma zona de referência, que pode ser o mundo ou um conjunto de países. Assim, o VCR para uma região j em um grupo de produtos i pode ser definido da seguinte forma:

$$VCR_{ij} = \frac{(X_{ij}/X_{iz})}{(X_j/X_z)} \quad (1)$$

Em que X_{ij} é o valor das exportações do grupo de produtos agropecuários i no país j; X_{iz} é o valor das exportações do grupo de produtos agropecuários i na zona de referência z, dada pelo conjunto de países analisados; X_j é o valor total das exportações no país j; e X_z é o valor total das exportações na zona de referência z.

O cálculo desse índice fornece uma medida da estrutura relativa das exportações agropecuárias de um determinado país. Quanto maior o valor exportado de um determinado grupo de produtos com relação ao valor total exportado, maior será a vantagem comparativa na produção desse setor. Se $VCR_{ij} > 1$, o setor ou grupo de produtos i apresenta vantagem comparativa revelada e, se $VCR_{ij} < 1$, o contrário acontece, apresentando desvantagem comparativa revelada (Hidalgo, 1998).

O índice definido por Lafay (1990), o qual está baseado no ICSC, leva em consideração as importações. Compara-se o saldo comercial observado com o saldo comercial teórico, para o grupo de produtos em questão. Caso o saldo observado seja superior ao teórico, o país j apresentará vantagem comparativa revelada na produção do setor analisado. Se o saldo observado for inferior ao teórico, o país j apresentará desvantagem comparativa revelada na produção do setor analisado. O ICSC é apresentado da seguinte forma:

$$ICSC_{ij} = \frac{100}{(X+M)/2}\left[\left(X_{ij} - M_{ij}\right) - (X - M)\frac{X_i j + M_{ij}}{X+M}\right] \quad (2)$$

5. Os valores transacionados de cada grupo foram obtidos seguindo o código de dois dígitos do Sistema Harmonizado (HS-02), exceto para algodão, para o qual foi utilizado o HS-04. No grupo de oleaginosas, incluem-se as produções de soja e de outras sementes, frutos ou grãos oleaginosos. O grupo de carnes é bastante amplo, incluindo bens de diferentes origens. Os cereais incluem arroz, milho, trigo, entre outros, tais como cevada e aveia. No laticínio, tem-se a produção de leite e seus derivados, além da produção de cera animal, ovos, mel, entre outros. O grupo de café inclui a produção de chás e outras especiarias do segmento (menos beneficiamento). O grupo de açúcar engloba a cana-de-açúcar e outros produtos refinados e de confeitaria. O grupo de algodão incorpora algodão cardado, penteado e não cardado ou não penteado, bem como desperdícios.

Em que X_{ij} é o valor das exportações do grupo de produtos, setor i, no país j; M_{ij} é o valor das importações do grupo de produtos agropecuários, setor i, no país j; $X_{ij} - M_{ij}$ representa a balança comercial observada do grupo de produtos agropecuários. O último termo entre colchetes, $(X - M)\frac{X_{ij}+M_{ij}}{X+M}$, representa a balança comercial teórica do grupo de produtos agropecuários.

Caso $ICSC_{ij} > 0$, o setor i apresenta vantagem comparativa revelada. Caso contrário, se $ICSC_{ij} < 0$, o setor i apresenta desvantagem comparativa revelada. Os resultados desse tipo de mensuração podem indicar a direção da especialização da produção de uma determinada região (ou país), porém é necessário que se tenha a hipótese de Paridade do Poder de Compra (PPC). A taxa de câmbio do país deve refletir exatamente os preços relativos desse país em relação aos outros. Um desalinhamento do câmbio causa distorção no sistema de preços, o que certamente distorceria conclusões finais (Hidalgo, 1998).

Por fim, o indicador referente à taxa de cobertura (TC) foi mensurado para determinar os pontos fortes e fracos das economias analisadas em relação ao setor agroexportador. A taxa de cobertura do setor i é definida como:

$$TC_i = {}^{X_i}/_{M_i} \tag{3}$$

Em que X_i representa as exportações e M_i, as importações do setor i de um determinado país. Constitui ponto forte de um país o setor i (ou grupo de produtos) que apresentar simultaneamente vantagem comparativa revelada e taxa de cobertura maior que a unidade. Caso contrário, o setor i constituirá um ponto fraco da economia. Pelo estudo comparativo dos pontos fortes e fracos entre diferentes países, é possível identificar os setores ou produtos com melhores oportunidades de inserção comercial (Gutman e Miotti, 1998). Os referidos índices foram calculados para os dez países selecionados, utilizando-se os dados do Comtrade,[6] fornecidos pelas Nações Unidas. O período analisado corresponde aos anos de 1995, 2000, 2010 e 2021.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Diagnóstico do comércio exterior

As estatísticas do setor agroexportador das economias analisadas encontram-se na tabela 1. Os países que mais exportam produtos agropecuários também estão entre principais importadores desse setor, especialmente a China, a primeira no *ranking* mundial das importações de produtos agropecuários, seguida dos

6. Disponível em: <https://comtrade.un.org/>.

Estados Unidos e da Alemanha. O Brasil, por sua vez, foi o país com menor valor de importações agropecuárias, movimentando em torno de US$ 12,4 bilhões no ano de 2021, o que o colocou em primeiro lugar no *ranking* mundial da balança comercial do setor agropecuário.

Em termos de participação, considerando o total do valor exportado, o Brasil foi o país com maior participação do setor agropecuário nas exportações totais (36,1%). Essa participação foi, em média, próxima à de outros países, como Argentina, Indonésia e Ucrânia, importantes produtores mundiais de grãos. A média mundial foi igual a 7,7% (FAO, 2021).

Em relação ao produto interno bruto (PIB), a participação das exportações de produtos agropecuários foi igual a 6,3% no Brasil, inferior aos percentuais da Holanda (11,3%) e da Bélgica (8,6%). Esses dois países foram os que reportaram as maiores participações das importações do setor agropecuário no PIB, entre 7% e 8%. No Brasil, esse percentual foi inferior a 1%.

TABELA 1
Estatísticas do comércio internacional do setor agropecuário para os dez principais países agroexportadores (2021)

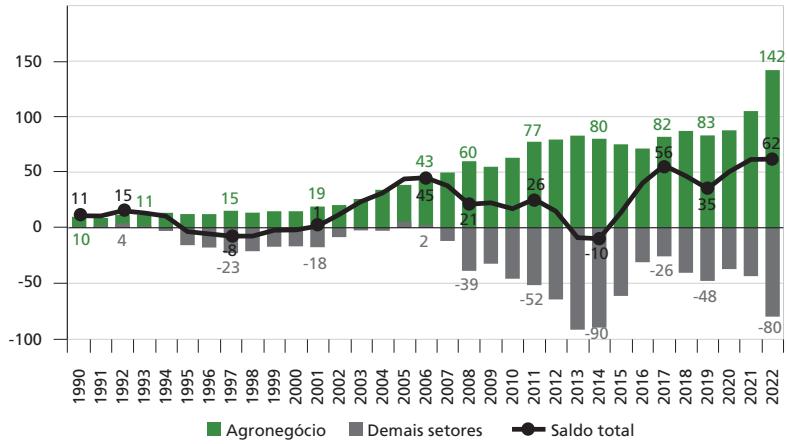
Países	Exportações		Importações		Balança comercial		Exportações no total exportado (%)	Importações no total importado (%)	Participação no PIB (%)	
	US$ bilhões	*ranking*	US$ bilhões	*ranking*	US$ bilhões	*ranking*			Exportações	Importações
Estados Unidos	173,7	1	172,4	2	1,3	32	9,9	5,9	0,7	0,7
Holanda	114,0	2	78,6	4	35,4	2	13,6	10,4	11,3	7,8
Brasil	**101,6**	**3**	**12,4**	**34**	**89,2**	**1**	**36,1**	**5,3**	**6,3**	**0,8**
Alemanha	87,1	4	104,9	3	-17,8	174	5,3	7,4	2,0	2,5
França	76,5	5	63,7	7	13,0	15	13,1	8,9	2,6	2,1
Espanha	63,5	6	39,5	10	24,0	5	16,6	9,5	4,4	2,8
China	54,6	7	157,9	1	-103,4	179	3,0	9,0	1,0	1,0
Itália	59,4	8	49,1	8	10,3	14	9,7	8,8	2,8	2,3
Canadá	58,9	9	40,1	9	18,9	10	11,6	8,0	3,0	2,0
Bélgica	50,9	10	44,2	11	6,7	16	9,3	8,7	8,6	7,4

Fonte: FAO (2021); World Bank, disponível em: <https://bit.ly/3Ltp0O5>.
Elaboração dos autores.
Obs.: 1. Valores monetários equivalentes a *free on board* (FOB).
2. Os valores são referentes a 2020.

Particularmente para o Brasil, as exportações do agronegócio são muito importantes para o saldo comercial da economia como um todo, como pode ser observado no gráfico 1. No início dos anos 1990, o volume das exportações do agronegócio brasileiro era baixo, pois a maior parte da produção do setor atendia

ao mercado interno. Como apontado por Vieira Filho e Fishlow (2017), a partir desse período, porção crescente dos produtos da agropecuária passou a ser direcionada ao comércio exterior. Políticas de ajuste macroeconômico, bem como o controle do processo inflacionário, influenciaram diretamente nesse processo, juntamente com os avanços tecnológicos e as políticas públicas direcionadas ao setor. O saldo do comércio internacional do agronegócio passou de US$ 10 bilhões, em 1990, para US$ 142 bilhões, em 2022, o equivalente a uma taxa anual de crescimento de 8,6%.

GRÁFICO 1
Saldo da balança comercial brasileira total, do agronegócio e dos demais setores de atividade econômica (1990-2022)
(Em US$ bilhões)



Fonte: Brasil (2022a; 2022b).

No âmbito do comércio internacional das principais economias agroexportadoras, destacam-se carnes, leites e derivados, grãos, cereais, vegetais hortícolas, frutas e preparações alimentícias (ou alimentos processados). Os produtos de maior valor produtivo foram, no geral, os mais apreciados na pauta de exportação agropecuária de cada país. No âmbito dos produtos selecionados, os valores exportados por cada grupo de produtos estão reportados na tabela 2.

Entre os países analisados, o Brasil foi o segundo maior exportador de carnes, embora seja o primeiro colocado no *ranking* mundial de exportações de carne bovina e de frango, como detalhado na tabela 3. Os Estados Unidos obtiveram o maior valor exportado dessa categoria no ano de 2021. No valor exportado de carne, destacaram-se também Holanda e Espanha. Para cereais, os Estados Unidos foram o maior exportador, particularmente pelas exportações de milho, seguido do Canadá, cujo valor exportado foi 3,5 vezes inferior ao do primeiro colocado. O Brasil ficou em quarto lugar nessa categoria.

No grupo de oleaginosos, o Brasil foi o principal exportador, seguido dos Estados Unidos. A soja é o principal destaque em ambos os países. Como maior exportador mundial, o Brasil se destacou nas exportações de café e de açúcar, comparativamente aos demais países. Os Estados Unidos também sobressaíram nas exportações de algodão, assim como o Brasil. Os países europeus destacaram-se nas exportações de lácteos e seus derivados, bem como de gorduras e óleos animal e vegetal.

TABELA 2
Valor das exportações para a seleção de grupo de produto do setor agroexportador (2021)
(Em US$ milhões)

Países	Carnes	Cereais	Oleaginosas	Café	Algodão	Açúcar	Laticínios	Gorduras e óleos
Estados Unidos	22.205	30.546	33.062	1.096	5.757,7	2.058	6.529	4.321
Holanda	11.065	577	4.845	1.513	12,0	1.969	10.580	6.951
Brasil	**18.231**	**4.835**	**39.158**	**6.309**	**3.413,8**	**9.375**	**333**	**2.753**
Alemanha	7.450	3.313	1.821	3.711	49,0	3.287	11.742	4.472
França	4.182	8.341	2.708	1.665	20,3	1.962	8.026	2.333
Espanha	10.430	533	1.123	798	156,9	843	2.034	6.338
China	872	1.076	2.955	4.189	22,1	1.931	622	2.365
Itália	2.848	988	775	2.177	17,2	458	5.092	3.096
Canadá	7.480	8.703	8.630	680	0,4	1.134	401	5.267
Bélgica	3.527	607	591	479	2,9	1.151	4.243	2.351

Fonte: Comtrade, disponível em: <https://comtrade.un.org/>.
Elaboração dos autores.

Na tabela 3, tem-se a evolução do *ranking* de exportações mundiais para os países, com base em uma lista de importantes produtos. Considerando o primeiro lugar no *ranking* mundial de exportações, os Estados Unidos se destacaram no comércio de milho e algodão; a Holanda, nas exportações de queijo; e o Brasil, nas exportações de café em grão, soja, açúcar, carne bovina, carne de frango e suco de laranja concentrado. A Alemanha, por sua vez, perpetua sua posição como maior exportadora de leite e creme de leite de vaca, enquanto a Espanha sobressai nas exportações de carne suína. Apenas para café torrado e trigo, a lista de países analisados não contempla o primeiro lugar no *ranking* mundial de exportações, sendo este ocupado pela Suíça e pela Rússia, respectivamente.

Alguns países melhoraram de forma considerável a situação de suas exportações em relação a alguns produtos. O Brasil saiu da 26ª colocação das exportações de algodão, no ano de 2000, para o segundo lugar, em 2021. Evolução parecida foi observada para as exportações de carne suína (de 14º, em 1990, para 7º, em 2021), trigo (de 54º, em 1990, para 19º, em 2021) e milho (de 29º, em 1990, para 4º, em 2021).

TABELA 3
Países selecionados: posição no *ranking* da classificação mundial de exportações agropecuárias

País	Ano	Algodão	Café grão	Café torrado	Açúcar bruto	Carne bovina	Carne suína	Carne de frango	Suco de laranja concentrado	Milho	Soja	Trigo	Queijo de leite integral de vaca	Leite e creme de leite integral de vaca (no qual a água foi parcialmente removida)
Estados Unidos	1995	1	15	4	15	1	5	1	3	1	1	1	5	14
	2000	1	18	3	33	1	3	1	4	1	1	1	4	17
	2010	1	18	4	25	4	2	2	2	1	1	1	3	23
	2021	1	15	6	35	2	2	2	4	1	2	2	3	21
Holanda	1995	50	24	6	11	10	2	3	2	12	7	20	2	5
	2000	62	29	9	17	13	2	3	3	11	5	21	3	5
	2010	63	26	7	22	12	6	3	7	23	7	30	1	4
	2021	37	21	5	11	12	6	4	3	23	8	36	1	5
Brasil	1995	12	1	27	1	12	14	4	1	29	2	54	49	61
	2000	26	1	26	2	4	12	4	1	23	2	50	43	57
	2010	4	1	25	1	1	8	1	1	3	2	20	45	39
	2021	2	1	30	1	1	7	1	1	4	1	19	54	41
Alemanha	1995	15	21	1	5	6	8	11	14	7	13	6	10	1
	2000	25	20	2	5	10	8	10	18	6	21	6	8	1
	2010	23	8	3	7	9	1	5	8	14	18	6	7	1
	2021	21	9	3	4	19	3	5	19	17	27	8	8	1
França	1995	17	34	10	2	7	4	2	12	2	10	2	1	2
	2000	32	49	10	1	14	6	2	15	2	18	4	1	2
	2010	35	41	6	3	19	9	4	15	4	19	2	4	2
	2021	29	28	4	5	26	9	8	22	6	13	6	7	4

(Continua)

(Continuação)

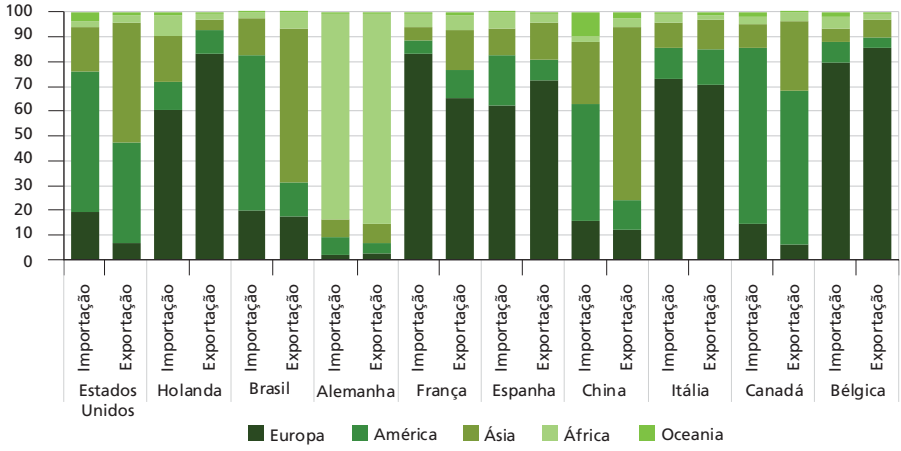
País	Ano	Algodão	Café grão	Café torrado	Açúcar bruto	Carne bovina	Carne suína	Carne de frango	Suco de laranja concentrado	Milho	Soja	Trigo	Queijo de leite integral de vaca	Leite e creme de leite integral de vaca (no qual a água foi parcialmente removida)
Espanha	1995	25	41	15	14	16	9	15	7	13	26	21	17	8
	2000	24	39	17	31	15	7	15	16	16	30	14	19	7
	2010	21	28	18	40	17	4	15	5	21	31	29	10	8
	2021	14	25	11	48	16	1	15	6	29	40	28	15	10
China	1995	19	50	35	12	18	10	5	34	20	6	36	46	18
	2000	3	46	45	20	18	18	5	21	3	7	47	56	16
	2010	42	20	35	50	21	13	10	24	31	9	96	46	42
	2021	28	19	40	41	80	19	12	20	51	12	51	34	37
Itália	1995	21	38	2	25	14	17	13	6	23	18	23	3	20
	2000	26	31	1	14	13	16	13	8	9	19	19	2	21
	2010	29	29	2	65	12	18	12	4	22	12	27	2	30
	2021	33	23	2	64	11	18	16	5	30	23	31	2	23
Canadá	1995	58	39	13	44	17	6	17	22	8	5	3	11	41
	2000	61	42	5	62	11	4	17	33	10	6	2	14	32
	2010	87	38	8	51	13	5	14	19	11	5	3	31	57
	2021	71	26	7	47	9	4	21	9	14	4	4	46	34
Bélgica	1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2000	22	15	4	6	17	5	8	2	19	9	9	7	3
	2010	57	21	5	10	20	7	8	10	26	11	25	8	3
	2021	46	17	10	14	34	8	6	53	33	18	24	5	3

Fonte: FAO (2021): Comtrade, disponível em: <https://comtrade.un.org/>.

A Alemanha avançou no *ranking* das exportações de café em grão e de carne de frango, ficando entre os cinco maiores exportadores mundiais desses produtos. Desde 2010, o Canadá tem evoluído sua posição nas exportações de café torrado, carne bovina e suco de laranja. Nos demais países, não houve mudanças estruturais significativas em termos de ranqueamento. Todavia, considerando 2021, a lista de países contempla, quando não o líder das exportações mundiais, os países que estiveram pelo menos entre os dez maiores exportadores dos produtos em questão.

No âmbito da matriz de comércio, o gráfico 2 mostra os principais continentes de origem e destino do comércio internacional de produtos agropecuários dos países. Informações adicionais foram complementadas a partir dos dados da FAO (2021). Os países agroexportadores da Europa transacionaram a maior parte dos produtos agropecuários dentro do próprio continente, com exceção das importações da Holanda e da Espanha. Nesses países, aproximadamente 20% das importações de produtos agropecuários vieram da América do Sul, lideradas por remessas do Brasil e da Argentina. No Brasil, têm-se as exportações de soja para a Espanha, enquanto na Argentina há a exportação de carne bovina para o mercado holandês. Nos demais países, as remessas brasileiras de carne bovina e grãos foram, em média, inferiores a 5% do valor exportado da agropecuária. Em outras palavras, há pouca importação europeia de produtos brasileiros, muito em função de protecionismo e de barreiras comerciais.

GRÁFICO 2
Participação das exportações e importações do setor agropecuário de cada país nos principais continentes do mundo (2021)
(Em %)



Fonte: FAO (2021).
Elaboração dos autores.

Estados Unidos e Canadá também transacionaram boa parte do comércio de produtos agropecuários entre si. O mercado bilateral concentrou-se em produtos como soja, carne bovina, milho e trigo. Nesse sentido, observam-se também remessas de grãos e carne bovina desses dois países para o México e alguns países asiáticos, como Japão, Coreia do Sul e Coreia do Norte.

O Brasil, por sua vez, tem como maior destino comercial o mercado asiático, que respondeu por 64% do valor das exportações agropecuárias nacionais em 2021. A China foi o maior comprador dos produtos brasileiros, com ênfase em grãos e carne bovina. As exportações de trigo e milho foram menos concentradas, expandindo-se para o Japão, Vietnã, Indonésia, Tailândia e outros países asiáticos. Do lado das importações brasileiras, 63% do valor dos produtos agropecuários, especialmente carnes e grãos, foram de origem argentina e paraguaia.

Com relação à China, as exportações de produtos agrícolas tiveram como principal destino o próprio continente asiático, compreendendo 66% do valor das exportações chinesas. Os principais destinos foram Hong Kong, Japão, Vietnã, Coreia do Sul e Coreia do Norte, assim como a Tailândia, que juntos representam 43% do valor exportado de produtos agropecuários. Já as importações foram originadas da América, principalmente do Brasil e dos Estados Unidos, tendo este último menor participação para carne bovina e soja.

Embora o comércio com a África e a Oceania seja menos representativo, desde 2010, as transações internacionais de produtos agropecuários de alguns países agroexportadores com esses continentes têm aumentado de forma significativa. Considerando crescimento superior a 5% do lado das exportações, os países agroexportadores da Europa intensificaram suas remessas em direção à Oceania, especificamente para Austrália e Nova Zelândia, com crescimento maior que 20% nas exportações de derivados de leite, carne suína, produtos hortícolas, óleos e cereais.

Tendo como destino a África, a Espanha apresentou maior taxa de crescimento das exportações de produtos agrícolas. Esse movimento se expandiu ao longo de todas as regiões do continente africano, abrangendo grande variedade de produtos, em especial derivados de leite, café beneficiado, carnes em geral, vegetais, frutas, azeites e óleos.

A China também reportou crescimento expressivo das exportações de produtos agrícolas com destino ao continente africano, bem como para a Oceania, especialmente de arroz, vegetais e produtos processados. Os demais países reportaram crescimento das exportações inferior a 3% em direção a esses dois continentes. O Brasil, especificamente, sinalizou queda das exportações de produtos agrícolas para o continente africano e crescimento de 2,5% para a Oceania, envolvendo produtos como açúcar, farelos, sucos de fruta e produtos processados.

Do lado das importações, o comércio com a Oceania se intensificou na Holanda, no Brasil e na China. Na Holanda, verificou-se o crescimento das importações de sucos concentrados, óleos vegetais e cereais matinais. No Brasil, o crescimento das importações ocorreu em produtos como baunilha, chocolates e preparações alimentícias com cacau e óleos essenciais. Na China, houve aumento na importação de produtos agropecuários da Oceania, incluindo óleos vegetais, produtos hortícolas em conservas, frutas e cereais leguminosos. No continente africano, aumentaram as importações realizadas por China, Brasil e Espanha, no geral, de produtos como frutas (processadas ou não), castanhas e óleos vegetais.

3.2 Avaliação dos indicadores de inserção comercial

A tabela 4 mostra os resultados dos indicadores propostos, considerando o resultado agregado para o valor total das exportações agropecuárias. Apenas a Alemanha e a China apresentaram desvantagem comparativa revelada do setor agroexportador em suas economias, segundo o indicador VCR. Ademais, foram as duas economias que exibiram saldo negativo da balança comercial do setor agropecuário. Brasil, Espanha, Itália e Canadá tiveram, ao longo das décadas, ganhos de competitividade setorial, sendo o Brasil o país que mais evoluiu em magnitude dos indicadores.

TABELA 4
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes do setor agroexportador (1995 a 2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	10,1	2,2	3,0	-1,2	1,2	1,1	1,3	1,4
Holanda	5,1	4,1	3,9	3,5	2,2	1,8	1,9	2,0
Brasil	**2,7**	**3,4**	**9,4**	**10,3**	**3,3**	**3,5**	**4,6**	**5,5**
Alemanha	-10,2	-6,7	-3,8	-2,9	0,5	0,6	0,7	0,7
França	3,3	3,4	1,1	1,0	1,6	1,5	1,6	1,9
Espanha	-1,0	0,8	0,5	2,5	1,6	1,8	1,9	2,4
China	-5,6	-4,4	-12,4	-16,3	0,4	0,3	0,2	0,1
Itália	-5,1	-3,8	-2,1	0,8	0,7	0,9	1,1	1,3
Canadá	0,9	1,0	0,6	1,9	0,7	0,8	1,2	1,6
Bélgica	-	0,2	0,0	0,4	-	1,3	1,2	1,3

(Continua)

(Continuação)

País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	1,8	1,3	1,3	1,0	Forte	Forte	Forte	Forte
Holanda	1,7	1,7	1,6	1,5	Forte	Forte	Forte	Forte
Brasil	**2,2**	**3,0**	**7,0**	**8,2**	**Forte**	**Forte**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	0,6	0,7	0,9	0,8	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
França	1,4	1,5	1,3	1,2	Forte	Forte	Forte	Forte
Espanha	1,0	1,3	1,3	1,6	Neutro	Forte	Forte	Forte
China	0,7	0,7	0,4	0,3	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Itália	0,6	0,7	0,9	1,2	Fraco	Fraco	Neutro	Forte
Canadá	1,4	1,4	1,3	1,5	Neutro	Neutro	Forte	Forte
Bélgica	-	1,2	1,1	1,2	-	Forte	Forte	Forte

Elaboração dos autores.

No âmbito da especialização, os países que apresentaram vantagem comparativa revelada também se destacaram em termos da contribuição positiva do setor agroexportador na balança comercial, sobressaindo os resultados de Holanda, Brasil, França, Espanha e Canadá. Quando analisada a evolução ICSC, verificou-se que apenas no Brasil, no Canadá, na Espanha e na Itália houve crescimento do indicador ao longo dos anos analisados, sendo o Brasil o principal destaque.

O pior resultado do ICSC foi da China, cuja participação do setor agroexportador passou a contribuir cada vez mais negativamente para sua balança comercial do setor. Deve-se lembrar que a China é a maior importadora de produtos agropecuários do mundo, o que justifica esse resultado. Na França e nos Estados Unidos, o setor agroexportador vem perdendo participação no saldo comercial desde 1995. Resultado semelhante se vê na Holanda, onde, embora o ICSC seja positivo e elevado, há tendência de queda em seu valor ao longo do tempo.

A análise do indicador de vantagens comparativas reveladas e do indicador de taxa de cobertura permite caracterizar e qualificar a especialização dos países como pontos fortes e fracos no comércio internacional do setor agropecuário. Alemanha e China reportaram pontos fracos.

Nas demais economias, notam-se pontos fortes. Entretanto, somente Brasil e Espanha apresentaram economias mais sólidas, em termos de inserção e expansão do setor agroexportador, em virtude da magnitude dos resultados reportados. Chama-se atenção ainda para a evolução dos setores agroexportadores canadense e italiano, que deixaram de ter ponto fraco ou neutro, em meados da década de 1990, para terem pontos fortes no final do período. Esse é um indicativo de aumento de especialização produtiva do segmento do comércio de alimentos desses países.

Como apontado por Maranhão e Vieira Filho (2022), para regiões ou países com setor agrícola competitivo, como o caso do Brasil, a expansão do comércio internacional de produtos agropecuários tem sido positiva para o crescimento econômico. A manutenção dessa trajetória exige o desenvolvimento e a adaptação de um fluxo contínuo de tecnologias aos sistemas locais de produção, garantindo melhorias na competitividade e aumento da eficiência produtiva setorial.

Considerando a análise por grupo de produtos, a tabela 5 reporta o resultado dos indicadores para o grupo de exportação de carnes. Em termos do ICSC, é nítida a magnitude do índice reportado pela economia brasileira, mostrando extraordinária evolução ao longo dos últimos vinte anos, saindo de setor neutro, no ano de 1995, para um setor com evidente oportunidade de inserção internacional no último ano da análise. Segundo Ferreira e Vieira Filho (2019), a *performance* produtiva brasileira no mercado internacional de carnes é acompanhada de uma estrutura competitiva de custos em comparação aos principais produtores e exportadores do segmento, mesmo a despeito das condições menos favoráveis relacionadas à infraestrutura, logística e ao ambiente tarifário do setor.

A Espanha também avançou de forma significativa na competitividade do setor exportador de carnes, particularmente pela produção de carne suína. Deixou de ser um ponto fraco do comércio agroexportador em 1995 para se tornar um setor com evidente vantagem competitiva em 2021. Enquanto isso, Estados Unidos e Holanda apresentaram perda de competitividade setorial, embora sejam caracterizados com forte especialização agroexportadora.

TABELA 5
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de carnes (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	16,7	6,6	5,6	8,5	1,3	1,4	1,0	1,4
Holanda	17,2	10,1	2,3	6,1	1,7	1,5	1,0	1,0
Brasil	**3,2**	**5,6**	**17,9**	**20,0**	**0,9**	**1,4**	**2,3**	**2,1**
Alemanha	-21,0	-11,4	-5,4	-1,7	0,7	0,7	1,3	0,8
França	-3,6	-4,2	-8,1	-3,1	1,1	0,8	0,6	0,5
Espanha	-1,1	0,5	1,9	9,6	0,5	0,7	1,0	1,6
China	4,2	-0,8	-4,7	-42,2	0,6	0,4	0,1	0,1
Itália	-16,9	-14,8	-13,0	-3,7	0,4	0,4	0,5	0,5
Canadá	1,5	5,2	1,9	5,2	0,9	1,4	1,2	1,2
Bélgica	0,0	3,1	1,6	1,5	-	1,0	1,2	0,9

(Continua)

(Continuação)

País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	3,0	2,0	2,6	1,9	Forte	Forte	Forte	Forte
Holanda	4,9	4,1	2,3	2,4	Forte	Forte	Forte	Fraco
Brasil	**4,2**	**12,3**	**55,4**	**51,3**	**Neutro**	**Forte**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	0,4	0,6	1,3	1,0	Fraco	Fraco	Forte	Fraco
França	1,0	1,1	0,8	0,7	Forte	Neutro	Fraco	Fraco
Espanha	0,9	1,7	2,6	6,7	Fraco	Neutro	Neutro	Forte
China	10,8	1,2	0,4	0,0	Neutro	Neutro	Fraco	Fraco
Itália	0,2	0,3	0,4	0,6	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Canadá	1,7	3,2	2,5	3,2	Neutro	Forte	Forte	Forte
Bélgica	-	2,6	2,5	2,0	-	Neutro	Forte	Neutro

Elaboração dos autores.

Os resultados, para o grupo de exportação de cereais, são apresentados na tabela 6. Apenas nos Estados Unidos, no Canadá e na França o setor se mostrou mais competitivo, especialmente em termos do ICSC e em magnitude de VCR. Esses resultados estão associados particularmente às exportações de trigo e de produtos à base de cereais, no caso do Canadá e da França, bem como pelas exportações de milho, no caso dos Estados Unidos. Nos demais países, o referido grupo de exportação contribuiu negativamente com o saldo comercial do grupo especificado, embora o Brasil seja o único país com claros sinais de recuperação na última década, alcançando ICSC positivo em 2021.

Nesse sentido, as exportações brasileiras de cereais mostraram-se em rota ascendente de ganho de competitividade, com claros sinais de se tornar ponto forte do setor agroexportador, com destaque para as exportações de milho e de trigo. Nas demais economias, o setor agroexportador de cereais deixou de ser um segmento com efetivas oportunidades de inserção internacional, cuja evolução da classificação passou de neutra para fraca ao longo dos últimos anos ou se manteve fraca nesse mesmo período.

Até o início dos anos 2000, o Brasil não possuía tradição como exportador de milho. No entanto, a consolidação da produção de milho de segunda safra, que passou a ter uma produtividade elevada, foi fundamental para o fortalecimento e o dinamismo exportador dessa cultura no Brasil (Bampi, Paula e Zilli, 2016). Em relação ao trigo, destaca-se, num período mais recente, a contribuição da pesquisa agrícola, das políticas públicas e da difusão de tecnologias, fatores essenciais para sua expansão produtiva, atendendo não só a demanda interna, como também preparando o mercado para viabilizar maiores exportações futuras (Souza e Vieira Filho, 2021).

TABELA 6
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de cereais (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	41,2	28,9	32,4	45,5	4,2	3,1	3,7	4,3
Holanda	-9,8	-8,3	-10,0	-7,7	0,0	0,1	0,1	0,1
Brasil	**-4,1**	**-14,0**	**-5,0**	**1,3**	**0,0**	**0,0**	**0,6**	**0,7**
Alemanha	-2,3	-0,1	-5,0	-2,3	0,5	0,8	0,6	0,5
França	13,6	10,9	11,7	11,5	1,2	1,4	1,9	1,6
Espanha	-10,3	-8,3	-10,0	-7,5	0,1	0,2	0,2	0,1
China	-26,5	0,5	-5,8	-40,5	0,0	1,0	0,1	0,2
Itália	-11,3	-11,2	-10,6	-7,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Canadá	9,6	8,3	8,4	11,5	2,3	2,0	2,3	2,2
Bélgica	0,0	-6,9	-6,1	-4,5	-	0,2	0,2	0,2
País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	18,8	12,1	10,1	12,9	Forte	Forte	Forte	Forte
Holanda	0,2	0,2	0,2	0,1	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Brasil	**0,0**	**0,0**	**1,1**	**1,5**	**Fraco**	**Fraco**	**Neutro**	**Neutro**
Alemanha	1,6	2,6	1,2	0,9	Neutro	Neutro	Neutro	Fraco
França	12,5	10,0	8,3	7,5	Forte	Forte	Forte	Forte
Espanha	0,2	0,3	0,2	0,1	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
China	0,0	2,9	0,4	0,1	Neutro	Neutro	Fraco	Fraco
Itália	0,3	0,3	0,3	0,2	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Canadá	15,5	10,1	8,1	6,4	Forte	Forte	Forte	Forte
Bélgica	-	0,4	0,3	0,2	-	Fraco	Fraco	Fraco

Elaboração dos autores.

Para as oleaginosas, os resultados dos indicadores estão reportados na tabela 7. Nota-se comportamento favorável dos Estados Unidos, do Brasil e do Canadá. Nos demais países, esse grupo de produtos não se mostrou suficientemente relevante para o comércio exterior. No Canadá, o comércio internacional de colza é bastante importante, cujo valor exportado supera o da soja. Nos Estados Unidos, em relação à soja, embora tenha obtido classificação forte em termos de VCR, o ICSC vem diminuindo na última década.

Trajetória oposta pode ser verificada no Brasil, que avançou de forma singular em termos de ganho de competitividade no comércio internacional de oleaginosas, com destaque, evidentemente, para as exportações de soja. Note que, embora o segmento seja caracterizado como ponto forte do setor agroexportador brasileiro, o ICSC e o VCR se ampliam significativamente de 1995 a 2021.

TABELA 7
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para grupo de exportação de oleaginosas (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	39,9	40,3	42,6	31,2	3,5	3,4	3,4	2,1
Holanda	-17,8	-10,1	-2,8	-1,4	0,3	0,4	0,4	0,4
Brasil	**2,6**	**13,9**	**23,2**	**40,1**	**1,2**	**3,6**	**2,8**	**5,6**
Alemanha	-18,0	-12,1	-6,4	-6,9	0,4	0,4	0,2	0,2
França	-1,2	2,1	0,3	-0,1	0,4	0,4	0,3	0,3
Espanha	-14,1	-8,5	-4,0	-2,6	0,1	0,1	0,1	0,1
China	6,1	-23,2	-57,8	-64,5	1,3	0,8	0,4	0,3
Itália	-6,9	-3,5	-2,3	-1,9	0,1	0,1	0,1	0,1
Canadá	9,5	6,2	10,1	7,7	2,3	1,3	1,9	1,3
Bélgica	-	-5,1	-3,0	-1,7	-	0,1	0,1	0,1
País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	9,5	8,0	12,8	11,4	Forte	Forte	Forte	Forte
Holanda	0,4	0,5	0,7	0,8	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Brasil	**3,1**	**11,8**	**59,5**	**60,0**	**Forte**	**Forte**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	0,4	0,3	0,3	0,2	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
França	1,4	2,0	1,2	1,0	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Espanha	0,1	0,1	0,2	0,3	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
China	6,2	0,3	0,1	0,0	Forte	Fraco	Fraco	Fraco
Itália	0,2	0,3	0,3	0,3	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Canadá	7,2	3,8	8,6	7,3	Forte	Forte	Forte	Forte
Bélgica	-	0,2	0,2	0,3	-	Fraco	Fraco	Fraco

Elaboração dos autores.

Os resultados do segmento de café são apresentados na tabela 8. Uma vez que tal grupo de exportação abrange mais produtos que não apenas café em grão, é possível extrair informações para outros países aqui analisados, que, mesmo não sendo produtores dessa *commodity*, são importantes para as exportações do produto beneficiado. Estados Unidos, Brasil e China são produtores de café em grão. Observa-se, todavia, que, nos Estados Unidos, o café tem pouca relevância para a competitividade agroexportadora, contribuindo inclusive com um saldo negativo para a balança comercial.

No Brasil e na China, a exportação de café caracteriza-se como ponto forte da especialização do comércio exterior. Verifica-se que o segmento apresentou

significativa contribuição ao saldo comercial, reportando, porém, sucessivas perdas em termos de vantagens comparativas no tempo, particularmente no Brasil. Já na Itália, cujo destaque são as exportações de extratos de café e café torrado ou descafeinado, observa-se avanço progressivo da especialização do comércio internacional. Nos últimos vinte anos, o café vem contribuindo cada vez mais, mesmo que de forma marginal, com a balança comercial italiana, deixando de ser ponto fraco da especialização do comércio agroexportador nos anos 2000 para se tornar ponto forte em 2021.

Segundo Campos (2022), a perda de competitividade das exportações brasileiras do complexo de café pode ser resultado de políticas de controle de preços, o que levou à redução dos investimentos na atividade e ao desinteresse pela busca de melhorias no âmbito da produção. Essa situação se estendeu também à agroindústria do segmento. Além disso, a concentração em poucos mercados importadores é um fator que afeta a competitividade brasileira do produto. Arevalo, Arruda e Carvalho (2016) chamam a atenção para a perda de poder de mercado do Brasil para a Colômbia, dada a forte concorrência. Soma-se a isso a oferta incipiente de cafés especiais no mercado brasileiro.

TABELA 8
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de café e suas especiarias (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	-19,6	-26,3	-27,0	-28,6	0,3	0,3	0,3	0,2
Holanda	-1,9	-1,9	-0,6	-0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Brasil	**37,1**	**33,7**	**38,2**	**27,1**	**15,4**	**11,3**	**5,8**	**3,1**
Alemanha	-8,2	-5,3	-5,4	-1,1	1,6	1,6	1,7	1,7
França	-6,4	-5,3	-7,9	-5,9	0,2	0,2	0,3	0,8
Espanha	-2,8	-2,0	-2,9	-1,7	0,4	0,4	0,4	0,4
China	8,2	10,0	11,0	12,4	1,5	1,5	1,2	1,9
Itália	-3,1	-1,7	-1,0	2,5	0,7	0,9	1,1	1,5
Canadá	-3,4	-3,2	-4,3	-3,7	0,2	0,4	0,4	0,4
Bélgica	0,0	2,1	0,0	-0,9	-	1,0	0,7	0,5

(Continua)

(Continuação)

País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	0,1	0,1	0,1	0,1	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Holanda	0,3	0,3	0,7	0,8	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Brasil	**80,2**	**75,7**	**93,0**	**47,7**	**Forte**	**Forte**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	0,3	0,4	0,6	0,8	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
França	0,2	0,2	0,2	0,4	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Espanha	0,2	0,3	0,4	0,5	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
China	30,1	22,2	11,0	2,5	Forte	Forte	Forte	Forte
Itália	0,2	0,4	0,7	1,1	Fraco	Fraco	Neutro	Forte
Canadá	0,1	0,2	0,3	0,4	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Bélgica	-	0,8	0,8	0,6	-	Fraco	Fraco	Fraco

Elaboração dos autores.

Para o algodão, os resultados dos índices calculados estão reportados na tabela 9. Os Estados Unidos foram líderes nas exportações mundiais, tendo seu indicador de VCR significativamente elevado em relação aos demais países. A contribuição ao saldo comercial da economia norte-americana é bastante significativa. Nos demais países, exceto no Brasil, essa contribuição foi, no geral, negativa. O Brasil desfrutou, ao longo do período analisado, de uma evolução na vantagem comparativa desse produto, colocando-o como ponto forte de especialização produtiva a partir de 2010. A contribuição ao saldo comercial, que era negativa no início do período analisado, tornou-se positiva e crescente também a partir de 2010, atingindo valor expressivo em 2021.

A evolução observada para esse segmento no Brasil está relacionada às transformações ocorridas na cotonicultura desde 1990. De acordo com Alcantara, Vedana e Vieira Filho (2021; 2023), até meados de 1990, o algodão era produzido em pequenas propriedades e com baixo nível tecnológico nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do país. O deslocamento da produção algodoeira em direção ao Cerrado a partir de então promoveu forte reestruturação produtiva do setor. Os resultados foram sucessivos ganhos produtivos decorrentes da tecnificação completa do processo produtivo e o uso intensivo de insumos químicos, além dos efeitos favoráveis das condições edafoclimáticas do Cerrado. Tais fatores foram decisivos para a obtenção de ganhos de competitividade na comercialização do algodão brasileiro.

TABELA 9
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de algodão (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	91,2	73,3	84,4	52,8	35,8	13,0	16,9	6,3
Holanda	-0,6	-0,8	-0,3	-0,4	0,0	0,0	0,3	0,0
Brasil	**-12,8**	**-19,5**	**10,8**	**31,3**	**0,4**	**0,3**	**1,2**	**4,6**
Alemanha	-7,6	-11,1	-1,3	-1,6	0,1	0,1	0,1	0,0
França	-6,5	-7,9	-0,9	-1,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Espanha	-5,0	-2,7	0,4	0,7	0,1	0,2	0,2	0,2
China	-36,1	6,7	-90,5	-79,6	0,2	1,6	0,0	0,0
Itália	-19,9	-27,7	-2,2	-1,9	0,1	0,2	0,1	0,0
Canadá	-2,7	-6,7	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Bélgica	0,0	-3,5	-0,2	-0,2	-	0,2	0,0	0,0
País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	224,3	68,0	240,2	222,6	Forte	Forte	Forte	Forte
Holanda	0,1	0,1	0,1	0,4	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Brasil	**0,2**	**0,1**	**11,0**	**207,4**	**Fraco**	**Fraco**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	0,2	0,2	0,5	0,5	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
França	0,2	0,2	0,3	0,3	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Espanha	0,1	0,6	1,6	4,2	Fraco	Fraco	Neutro	Neutro
China	0,0	3,6	0,0	0,0	Fraco	Forte	Fraco	Fraco
Itália	0,0	0,1	0,2	0,2	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Canadá	0,0	0,0	0,0	0,1	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Bélgica	-	0,5	0,2	0,2	-	Fraco	Fraco	Fraco

Elaboração dos autores.

Os indicadores da exportação de açúcar são apresentados na tabela 10. Ressalta-se que esse grupo engloba tanto o açúcar da cana quanto o açúcar refinado, o xarope de açúcar, a própria cana de açúcar, bem como os confeitos de açúcar. O Brasil liderou o VCR, em especial pelas exportações de açúcar bruto. Foi um dos únicos países que, juntamente com a França, reportou ICSC positivo. Embora caracterizando-se como ponto forte da economia nacional, o VCR oscilou ao longo do tempo.

A vantagem comparativa observada na Alemanha, na França e na Bélgica decorre das exportações de açúcar refinado e produtos de confeitaria. Tais segmentos representaram relevante especialização produtiva para o comércio internacional dessas economias, embora a França tenha perdido competitividade, com

redução do indicador de VCR na última década. Nos demais países, a exportação de açúcar não representou efetiva oportunidade de inserção internacional, mantendo a classificação fraca e neutra no tempo.

TABELA 10
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de açúcar (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	-17,0	-19,3	-22,7	-21,6	0,2	0,4	0,3	0,4
Holanda	0,8	-2,7	-1,0	1,5	0,5	0,3	0,4	0,6
Brasil	**23,5**	**17,1**	**47,2**	**37,1**	**6,2**	**4,3**	**10,4**	**5,1**
Alemanha	0,5	-0,5	-4,8	2,0	1,4	1,4	0,7	1,4
França	15,9	13,6	1,7	1,5	2,0	2,0	0,9	0,9
Espanha	-0,4	-0,5	-3,7	-2,3	1,0	1,0	0,3	0,4
China	-12,6	-1,1	-3,7	-10,2	0,4	0,3	0,4	0,7
Itália	-5,4	-4,4	-7,1	-4,8	0,3	0,5	0,2	0,3
Canadá	-5,3	-4,7	-4,8	-2,7	0,4	0,6	0,5	0,6
Bélgica	-	2,4	-1,1	-0,4	-	1,7	0,8	1,0
País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	0,4	0,5	0,4	0,4	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Holanda	1,5	0,8	1,6	1,8	Neutro	Fraco	Neutro	Neutro
Brasil	**35,5**	**26,3**	**190,5**	**97,2**	**Forte**	**Forte**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	1,4	1,4	1,2	1,7	Forte	Forte	Neutro	Forte
França	3,0	3,3	2,5	1,7	Forte	Forte	Neutro	Neutro
Espanha	1,3	1,3	0,7	0,9	Neutro	Neutro	Fraco	Fraco
China	0,3	1,0	1,0	0,6	Fraco	Neutro	Neutro	Fraco
Itália	0,4	0,6	0,3	0,4	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Canadá	0,5	0,7	0,8	0,9	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Bélgica	-	1,8	1,6	1,3	-	Forte	Neutro	Forte

Elaboração dos autores.

Em relação às exportações de lácteos, incluída a produção animal de ovos, mel e ceras, a tabela 11 apresenta os resultados dos indicadores. Os países predominantemente fortes na especialização do segmento foram a Holanda, a Alemanha e a França. A Itália, por sua vez, apresentou trajetória ascendente da competitividade comparativa do setor, saindo de ponto fraco em 2000 para ponto forte em 2021. O VCR italiano mais do que dobrou nesse período, sendo nítida a recuperação em termos de sua contribuição à balança comercial. Nesses países,

as exportações de queijo e manteiga de leite de vaca sustentaram os resultados dos indicadores calculados.

Cabe destacar que as atividades relacionadas à produção pecuária, especialmente à pecuária leiteira, nos países supracitados, é intensiva, possuindo rendimento produtivo significativamente acima da média mundial, tal como reportam os dados da FAO (2021). Ou seja, o rendimento mundial foi igual a 1,1 tonelada por vaca leiteira em 2021, enquanto, nesses países, a produtividade esteve entre 7 a 10 toneladas por vaca leiteira. No Brasil, esse valor foi igual a 1,7 tonelada por animal (FAO, 2021).

TABELA 11
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de lácteos (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	-0,5	-2,7	3,0	6,0	0,1	0,2	0,4	0,6
Holanda	9,6	8,9	10,6	10,1	2,3	2,1	2,0	1,8
Brasil	**-4,3**	**-2,6**	**-0,4**	**-0,5**	**0,0**	**0,0**	**0,1**	**0,1**
Alemanha	1,1	5,6	0,1	0,8	3,2	3,3	2,7	2,7
França	12,8	9,3	7,9	5,2	1,8	1,8	2,1	1,9
Espanha	-4,0	-3,7	-4,2	-1,0	0,3	0,4	0,5	0,5
China	0,5	-0,4	-5,7	-19,7	0,1	0,1	0,1	0,1
Itália	-15,4	-12,0	-8,6	0,7	0,7	0,8	1,2	1,6
Canadá	0,2	-0,6	-0,8	-0,9	0,2	0,2	0,1	0,1
Bélgica	-	-1,9	-2,0	-0,6	-	1,7	1,7	2,0
País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	1,0	0,7	1,8	2,0	Neutro	Fraco	Neutro	Neutro
Holanda	1,7	1,9	2,4	2,0	Forte	Forte	Forte	Forte
Brasil	**0,0**	**0,1**	**0,8**	**0,6**	**Fraco**	**Fraco**	**Fraco**	**Fraco**
Alemanha	1,2	1,4	1,2	1,1	Forte	Forte	Forte	Forte
França	2,1	1,9	2,0	1,6	Forte	Forte	Forte	Forte
Espanha	0,4	0,5	0,6	0,9	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
China	2,5	0,9	0,2	0,1	Neutro	Fraco	Fraco	Fraco
Itália	0,3	0,4	0,6	1,2	Fraco	Fraco	Neutro	Forte
Canadá	1,3	0,8	0,6	0,5	Neutro	Fraco	Fraco	Fraco
Bélgica	-	1,0	1,0	1,0	-	Neutro	Neutro	Forte

Elaboração dos autores.

A exportação de lácteos reportou o pior resultado de especialização produtiva do setor agroexportador brasileiro. No âmbito dos produtos transacionados, é ainda baixa a participação de leite e derivados no valor exportado, ficando abaixo de 10% dentro dessa categoria, compreendendo produtos como leite em pó, creme de leite e leite condensado. O peso maior fica a cargo das exportações de ovos de galinha (FAO, 2021). Assim como no Brasil, nos demais países analisados, o grupo de exportação de lácteos não representou um segmento relevante de especialização produtiva.

Segundo Carvalho e Rocha (2018), há inúmeros fatores que prejudicam os ganhos de eficiência na cadeia produtiva de lácteos no Brasil, que penalizam a maior inserção do país no mercado internacional. Os autores identificam diversos gargalos na cadeia produtiva de leite sob a ótica do produtor, da indústria e do Estado, como baixa produtividade dos fatores de produção, problemas de escala produtiva, fragmentação da indústria de lácteos e distorções tributárias na atividade.

É importante ressaltar que uma agenda estruturante para o setor tem efeitos diretos sobre a pequena e a média produção. De acordo com o último Censo Agropecuário (IBGE, 2017), a agricultura familiar respondeu por 64% da produção nacional de leite e 81% dos estabelecimentos agropecuários produtores. Assim, como apontado por Alves, Lício e Contini (2016), elevar a competitividade internacional dessa cadeia pode beneficiar milhares de pequenos produtores, mas, para tanto, ainda é preciso resolver muitos problemas relacionados ao mercado interno desse importante segmento.

Por fim, os indicadores relacionados ao comércio de óleos e gorduras de origem animal e vegetal estão dispostos na tabela 12. Nesse segmento, destacaram-se Estados Unidos, Brasil e Canadá, todos com contribuições positivas ao saldo comercial. Nota-se que, no Brasil, essa contribuição cresceu de forma significativa ao longo do período analisado, bem como houve melhora no indicador de vantagem comparativa, sinalizando avanço da inserção internacional do setor e aumento de sua especialização produtiva. Nos Estados Unidos, o destaque se deu no comércio de farinhas de sementes ou de frutos oleaginosos, bem como nas exportações de óleo de soja. O Brasil também mostrou importância relativa na produção e exportação de óleo de soja, resultado associado à dinâmica do complexo da soja no país. Já no Canadá, os produtos de destaque nas exportações do grupo foram o óleo de colza e o de canola.

TABELA 12
Indicadores de fluxos comerciais e matriz de pontos fracos e fortes para o grupo de exportação de óleos e gorduras animal ou vegetal (1995-2021)

País	ICSC				VCR			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	39,9	40,3	42,6	31,2	3,5	3,4	3,4	2,1
Holanda	-17,8	-10,1	-2,8	-1,4	0,3	0,4	0,4	0,4
Brasil	**2,6**	**13,9**	**23,2**	**40,1**	**1,2**	**3,6**	**2,8**	**5,6**
Alemanha	-18,0	-12,1	-6,4	-6,9	0,4	0,4	0,2	0,2
França	-1,2	2,1	0,3	-0,1	0,4	0,4	0,3	0,3
Espanha	-14,1	-8,5	-4,0	-2,6	0,1	0,1	0,1	0,1
China	6,1	-23,2	-57,8	-64,5	1,3	0,8	0,4	0,3
Itália	-6,9	-3,5	-2,3	-1,9	0,1	0,1	0,1	0,1
Canadá	9,5	6,2	10,1	7,7	2,3	1,3	1,9	1,3
Bélgica	-	-5,1	-3,0	-1,7	-	0,1	0,1	0,1
País	TC				Pontos fortes e fracos			
	1995	2000	2010	2021	1995	2000	2010	2021
Estados Unidos	9,5	8,0	12,8	11,4	Forte	Forte	Forte	Forte
Holanda	0,4	0,5	0,7	0,8	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Brasil	**3,1**	**11,8**	**59,5**	**60,0**	**Forte**	**Forte**	**Forte**	**Forte**
Alemanha	0,4	0,3	0,3	0,2	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
França	1,4	2,0	1,2	1,0	Neutro	Neutro	Neutro	Neutro
Espanha	0,1	0,1	0,2	0,3	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
China	6,2	0,3	0,1	0,0	Forte	Fraco	Fraco	Fraco
Itália	0,2	0,3	0,3	0,3	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Canadá	7,2	3,8	8,6	7,3	Forte	Forte	Forte	Forte
Bélgica	-	0,2	0,2	0,3	-	Fraco	Fraco	Fraco

Elaboração dos autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procurou-se, aqui, realizar um comparativo entre as dez principais economias agroexportadoras do mundo – Estados Unidos, Holanda, Brasil, Alemanha, França, Espanha, China, Itália, Canadá e Bélgica. Para tanto, foram calculados indicadores de comércio internacional, tais como vantagem comparativa, saldo comercial e taxa de cobertura. O período estudado foi de 1995 a 2021. A análise contemplou o setor agroexportador como um todo, bem como oito grupos de produtos selecionados: carnes, cereais, oleaginosas, algodão, açúcar, café, lácteos e óleos e gorduras animais e vegetais.

Os resultados mostraram que, dos dez países analisados, dois se mostraram com menor competitividade do setor agropecuário no mercado internacional: China e Alemanha. Tanto o mercado chinês quanto o alemão são muito dependentes das importações de produtos agropecuários. A China, no entanto, mesmo sendo uma grande produtora mundial de alimentos, tem um mercado não autossuficiente e, assim como na Alemanha, outros setores de atividade econômica sobressaem em detrimento do setor agropecuário. Na Alemanha, são mais fortes o comércio de máquinas e de aparelhos elétricos ou mecânicos e os produtos farmacêuticos, bem como ocorre com os plásticos e seus artigos na China. Países que melhoraram a inserção do setor agropecuário no comércio internacional foram Itália e Canadá. Os demais países apresentaram que o setor agropecuário é estratégico para as suas respectivas economias.

Particularmente, o Brasil apresentou saldo comercial favorável e significativa vantagem comparativa setorial. Na análise por grupo de produtos, o país melhorou a sua *performance* no mercado exportador de carnes, oleaginosas e algodão. Esses produtos deixaram de ser segmentos pouco importantes, como eram no início do período estudado, e se tornaram estratégicos para a inserção internacional, ao final do período. Os setores que se mantiveram fortes foram café, açúcar e óleos vegetais, embora com oscilações em seus indicadores. Os setores fracos foram cereais e lácteos, sendo que o primeiro segue uma rota de ascensão em ganhos de vantagem comparativa, e o segundo ainda se apresenta como um desafio para a obtenção de competitividade internacional.

Como implicações de políticas públicas, o avanço tecnológico e as transformações estruturais que ocorreram no Brasil foram decisivos para os ganhos de competitividade, a exemplo da carne, da soja, do algodão e até mesmo do milho e do trigo. A consolidação de um excedente produtivo exportável nesses setores perpassou por investimentos bem-sucedidos em ciência e tecnologia, abrangendo diferentes atores "antes e depois da porteira", tanto no setor público quanto no privado. Somam-se a isso ações coordenadas para regulamentação dos mercados globais, com ênfase nas questões fitossanitárias, de fiscalização e, desde 2010, nas questões ambientais envolvidas no processo produtivo das cadeias agroexportadoras. Assim, para se manter competitivo ou mesmo ingressar no mercado internacional, é preciso, cada vez mais, o fortalecimento das redes de inovações estratégicas, alinhadas ao arcabouço institucional do desenvolvimento setorial agropecuário da economia brasileira.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, I. R. D.; VEDANA, R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Produtividade do algodão no Brasil**: uma análise da mudança estrutural. Ipea: Brasília, 2021. (Texto para Discussão, n. 2682).

_____. O caso emblemático da produção de algodão no Brasil de 1974 a 2019. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 54, n. 2, p. 139-155, 2023.

ALVES, E. R. A.; LÍCIO, A. M. A.; CONTINI, E. Perspectivas do Brasil no comércio internacional de lácteos. *In*: VILELA, D. *et al*. (Ed.). **Pecuária de leite no Brasil**: cenários e avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2016.

AREVALO, J. L. S.; ARRUDA, D. de O.; CARVALHO, J. P. de. Competitividade no comércio internacional do café: um estudo comparativo entre Brasil, Colômbia e Peru. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 18, n. 1, p. 62-78, 2016.

BALASSA, B. **Trade liberalisation and revealed comparative advantage**. Washington D.C.: World Bank, 1965.

BAMPI, S. L.; PAULA, C. V. de; ZILLI, J. B. A competitividade das exportações de milho do Brasil para a União Europeia no período de 2000 a 2014. **Tiempo y economía**, v. 3, n. 2, p. 115-136, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrostat**: estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro. Brasília: Mapa, 2022a. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>.

_____. Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio. Secretaria de Comércio Exterior. **Comexstat**: exportação e importação geral. Brasília: MDIC, 2022b. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

CAMPOS, S. A. C. Análise da competitividade do setor cafeeiro brasileiro no mercado internacional de 1998 a 2019. **Economia e Região**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 125-143, 2022.

CARVALHO, F. M. A. de. A dinâmica agroexportadora brasileira: mudança estrutural, vantagem comparativa e fontes de crescimento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 35, n. 1, p. 9-44, 2019.

CARVALHO, G. R.; ROCHA, D. T. da. Leite: desafios para a competitividade internacional. **Agro ANALYSIS**, v. 38, n. 2, p. 19-20, 2018.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production**: crops and livestock products. Faostat data. Roma: FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.

FERREIRA, M. D. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inserção no mercado internacional e a produção de carnes no Brasil**. Ipea: Brasília, 2019. (Texto para Discussão, n. 2479).

GUTMAN, G. E.; MIOTTI, L. E. Exportaciones agroindustriales de América Latina y el Caribe: especialización, competitividad y oportunidades comerciales en los mercados de la OCDE. *In*: CEPAL – COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. **Agroindustria y pequeña agricultura**: vínculos, potencialidades y oportunidades comerciales. Santiago: CEPAL, 1998. p. 77-164.

HIDALGO, A. B. Especialização e competitividade do Nordeste no mercado internacional. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 29, p. 491-515, jul. 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

LAFAY, G. La mesure des avantages comparatifs révélés. **Économie Perspective Internationale**, Paris, n. 41, 1990.

MARANHÃO, R. L. A.; VIEIRA FILHO, J. E. Inserción internacional de los agronegocios brasileños: análisis comparativo. **Revista de la CEPAL**, n. 136, abr. 2022.

NAVARRO, Z. (Org.). **A economia agropecuária do Brasil**: a grande transformação. São Paulo: Baraúna, 2020.

SOUZA, R. G.; VIEIRA FILHO, J. E. Produção de trigo no Brasil: análise de políticas econômicas e seus impactos. **Revista de Política Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 45, 2021.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Eliseu Alves e a moderna agricultura do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 28, 2022.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea, 2020.

PARTE 2

Insumos estratégicos e infraestrutura

CAPÍTULO 5

FERTILIZANTES: DEPENDÊNCIA EXTERNA E IMPACTO PRODUTIVO

Cristiane Mitie Ogino[1]
José Garcia Gasques[2]

1 INTRODUÇÃO

O uso de fertilizantes minerais no Brasil é atendido, em sua maioria, via importação. A dependência externa torna o país vulnerável às oscilações dos preços no mercado internacional. Isso afeta os custos de produção agrícola interna, podendo causar mudanças no planejamento produtivo, que repercutem na quantidade produzida.

Em 2021, observaram-se aumentos nos preços dos fertilizantes minerais semelhantes aos patamares das altas de 2007-2008. Segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), esse aumento de preços em relação a 2020 foi de 27,26%, de 2,42% e de 18,58% para os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, respectivamente (Brasil, 2022). O movimento inflacionário continuou em 2022.

As causas dessas altas de preços estão relacionadas à crise de saúde (pandemia da covid-19), assim como à crise geopolítica (conflito do Leste Europeu). A covid-19, doença anunciada como emergência de saúde pública de importância internacional em janeiro de 2020, não afetou o setor de fertilizantes minerais no primeiro momento (Ilinova, Dmitrieva e Kraslawski, 2021). No entanto, o problema sanitário impactou o nível de atividade econômica de vários países, bem como diferentes setores econômicos, tais como os de energia (Mensi, Rehman e Vo, 2021), e como a produção de fertilizante mineral depende fortemente de energia, houve reflexo nos preços de fertilizante porvir.

Somado a isso, a guerra entre Rússia e Ucrânia, declarada em fevereiro de 2022, pressionou ainda mais a elevação dos preços, uma vez que a Rússia é um dos principais países produtores e exportadores de fertilizantes nitrogenados e potássicos no mundo.

---

1. Pesquisadora do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); engenheira-agrônoma; e doutora em economia aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). *E-mail*: <cristianeogino@gmail.com>.
2. Engenheiro-agrônomo; doutor em economia; e técnico de planejamento e pesquisa do Ipea. É coordenador-geral de políticas públicas na Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa). *E-mail*: <jose.gasques@agro.gov.br>.

A apreensão do aumento de preços se evidencia em solos das regiões tropicais, predominantes no Brasil, cujos fatores limitantes para o cultivo estão relacionados à fertilidade da terra. Essas regiões tropicais apresentam solos com alto grau de intemperização, os quais podem ser identificados pelo baixo teor de nutrientes, alta fixação de fósforo, alta acidez e toxicidade por alumínio (Cardoso e Kuyper, 2006). Torna-se essencial o investimento em adubação para que haja aumento de produtividade agrícola (Zonta, Stafanato e Pereira, 2021). Sem uso de fertilizantes não há como aumentar a produção em uma mesma área, já que faltará nutriente para o desenvolvimento da planta (Beckman e Riche, 2015).

Embora haja diferentes tipos de fertilizantes no mercado, o fertilizante mineral se destaca pela maior concentração de nutrientes por matéria e pelo teor mais bem definido. Tais atributos tornam o seu uso no sistema agrícola mais simples. O fertilizante mineral foi um dos insumos que proporcionaram a agricultura intensiva. O seu uso inadequado, no entanto, pode levar à contaminação do meio ambiente.

O Brasil apresenta baixa capacidade produtiva de fertilizantes minerais. Ademais, a produção interna desse insumo não é competitiva, dado o seu alto custo de produção quando comparado a outros países (Brasil, 2021). Como consequência, a produção de fertilizantes minerais é baixa internamente, não sendo suficiente para atender à própria demanda, havendo a necessidade de recorrer ao mercado externo. Nos últimos dez anos, o país importou aproximadamente 80% de nitrogênio, 60% de fósforo e mais de 90% de potássio (FAO, 2022).

Diante da alta dependência externa, a produção agrícola brasileira fica sujeita às condições de preços do mercado internacional. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), os gastos com fertilizantes representam um dos itens principais no custo de produção, em especial das *commodities* agrícolas, o que torna o preço de fertilizantes um dos fatores que levam os agricultores a pensar no modo como irão conduzir os investimentos nas culturas (Conab, 2022).

Perante o exposto, este capítulo procura apontar como o desempenho econômico do mercado agrícola brasileiro é dependente e influenciado pelo mercado de fertilizantes minerais. Para tentar elucidar essa questão, analisou-se a relação de cinco variáveis. Quanto ao mercado agrícola, os elementos utilizados foram área plantada, quantidade agrícola produzida e atratividade de exportação das cinco culturas cujos produtos foram mais exportados, em termos de valores, pelo país, no ano de 2021: soja, cana-de-açúcar, café, milho e algodão. Somente as culturas da soja, cana-de-açúcar e milho representaram mais de 73% do consumo total de fertilizantes no Brasil (Brasil, 2021). As outras variáveis utilizadas na análise

foram em relação ao mercado de fertilizantes: o preço de importação e a quantidade entregue no Brasil.

Os objetivos específicos do estudo foram quantificar o percentual da variância de cada variável que é explicada pela própria variância e pelas demais variáveis consideradas no modelo (decomposição histórica da variância do erro); e verificar o comportamento das variáveis quando ocorrem choques não antecipados em cada uma das variáveis nos diferentes períodos à frente (função impulso-resposta).

Para atender aos objetivos propostos o modelo autorregressivo vetorial estrutural (*structural vector autoregressive* – SVAR), proposto por Sims (1986) e Bernanke (1986), foi empregado. Como o modelo vetorial autorregressivo (VAR) (Sims, 1980), o modelo SVAR permite tratar de forma simétrica todas as variáveis como endógenas e, por compor os modelos de séries temporais, não há problemas de omissão de variáveis relevantes, uma vez que a influência das variáveis omitidas é captada pelas variáveis defasadas, não prejudicando a modelagem. O diferencial do modelo SVAR é a possibilidade de estabelecer relações contemporâneas baseadas na teoria econômica. Mais especificamente, utilizou-se o modelo autorregressivo vetorial estrutural com correção de erros (*structural vector error-correction* – SVEC), devido às variáveis se apresentarem cointegradas.

Os resultados obtidos foram no sentido de verificar, econometricamente, o impacto das variações no mercado de fertilizantes sobre a produção agrícola brasileira. Tem-se como uma das hipóteses que a alta nos preços dos fertilizantes leva à redução da quantidade empregada do insumo no campo, implicando possíveis reduções na totalidade da produção agrícola. Uma alternativa para compensar o impacto da diminuição do uso de fertilizantes seria o aumento da área plantada, ou seja, a agricultura passa de intensiva para extensiva. Ademais, os investimentos na produção também podem ser afetados pela atratividade de preços das culturas.

Na literatura encontram-se poucos estudos que analisam a variação dos preços de insumos agrícolas, como os fertilizantes minerais, no contexto produtivo. Há, no entanto, diversos estudos que exploram as mudanças de preços das *commodities* agrícolas (Beckman e Riche, 2015), visto que entender melhor as implicações econômicas causadas pelos fertilizantes minerais pode tornar possível traçar políticas estratégicas para o setor.

Este capítulo se compõe de mais quatro seções além desta introdução. A seção 2 apresenta uma revisão de literatura sobre a relação entre fertilizantes minerais e a produção agrícola; os aspectos de oferta e demanda por fertilizantes no mundo e no Brasil; e a evolução dos preços do insumo no mercado brasileiro. A seção 3 apresenta os dados e o modelo utilizados. A seção 4 apresenta e discute os resultados analíticos. Na seção 5 estão as considerações finais do estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fertilizantes na produção agrícola

No Brasil, o uso de fertilizantes minerais teve início mais acentuado na década de 1970 junto a outras tecnologias, como defensivos, máquinas e implementos agrícolas, materiais genéticos, entre outros (Gasques *et al.*, 2022). Graças às instituições de pesquisa e de extensão, além de sistemas de créditos, essas tecnologias tiveram a sua introdução bem-sucedida na agricultura brasileira (Vieira Filho e Fishlow, 2017). Um exemplo de instituição de pesquisa é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Criada em 1973 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), desenvolve tecnologias voltadas para as condições tropicais (Vieira Filho, 2022).

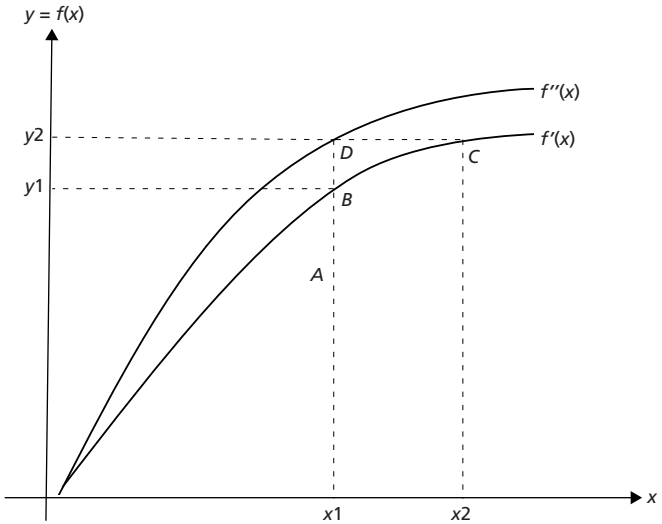
A incorporação das tecnologias na agricultura brasileira propiciou o aumento da produtividade agrícola e da qualidade das lavouras (Vieira Filho e Fishlow, 2017). Em termos numéricos, a produtividade agrícola brasileira apresentou de 1970 a 2020 uma variação percentual de 133%, o que representa uma taxa de crescimento anual médio de 1,71% (FAO, 2022).

Concernente à adubação na agricultura, a aplicação de fertilizantes no campo tem o papel de restabelecer de forma balanceada os nutrientes ao solo, de modo a disponibilizá-los para a cultura. Esse procedimento permitiu que áreas impróprias para o cultivo fossem corrigidas, a fim de atender às necessidades nutricionais da cultura. Cita-se como exemplo o caso do Cerrado brasileiro, onde a correção e a adubação do solo fizeram com que a região se tornasse a maior produtora de grãos do país (Lobato e Sousa, 2004).

Além disso, a adubação impediu o abandono das terras pelo esgotamento do solo em termos químicos. A adubação promoveu a intensificação da agricultura. Essas características definem os fertilizantes como insumo poupador de terra (Ruttan, 2001; Raij, 2011; Brunelle *et al.*, 2015; Sinha *et al.*, 2022).

O acréscimo da produtividade agrícola por meio da adubação pode ser retratado pela teoria microeconômica da produção. Suponha o caso de um produto agrícola y, representado pelas curvas de produção $y = f(x)$, e um único fator de produção, o insumo x, por exemplo, a terra. Ilustrado no gráfico 1, a área abaixo das curvas de $y = f(x)$ é o conjunto de possibilidades de produção; pontos abaixo da curva, como o A, representam pontos de ineficiência produtiva; e pontos sob a curva, eficiência produtiva.

GRÁFICO 1
Relação entre produção, insumo e tecnologia



Elaboração dos autores.

A produção de *y* pode ser aumentada por duas vias: i) pelo deslocamento na curva do ponto B para o ponto C; ou ii) pelo deslocamento da curva de produção *f'*(*x*) para *f''*(*x*). No primeiro caso, o aumento da produção, *y*1 para *y*2, se dá pelo aumento da quantidade empregada do insumo *x*, ou seja, por meio do aumento da quantidade de terra, que passou de um montante de *x*1 para *x*2. No segundo caso, o aumento da produção, *y*1 para *y*2, se dá por meio do progresso tecnológico. Isto é, utilizando a mesma quantidade de terra, *x*1, houve um aumento da produção de B para D graças às inovações tecnológicas, como exemplo, o uso dos fertilizantes minerais.

Entre os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta, o nitrogênio, o fósforo e o potássio, denominados macronutrientes primários, se destacam por serem exigidos em maiores quantidades no sistema agrícola. A quantidade de nutrientes a ser aplicada depende de diversos fatores. Os principais são a qualidade do solo, a variedade da cultura, as condições agroclimáticas, o sistema de manejo da cultura, as especificações da formulação do fertilizante, e, sobretudo, a viabilidade econômica da aplicação (Hossain e Singh, 2000).

Com relação à viabilidade econômica, estudos observam que o aumento dos preços dos fertilizantes causa a redução da quantidade demandada no Brasil (Ogino *et al.*, 2020) e em diferentes regiões no mundo, tal como se observa na África do Sul (Ogeto e Jiong, 2019), em Bangladesh (Manos *et al.*, 2007), nos Estados Unidos (Williamson, 2011; Acheampong e Dicks, 2012; Etienne, Trujillo-Barrera e

Wiggins, 2016; Xu *et al.*, 2022) e no Malawi (Holden e Lunduka, 2012; Komarek *et al.*, 2017).

O emprego dos fertilizantes depende, também, do retorno que os produtos agrícolas proporcionarão (Barros e Silva, 2008). De acordo com Acheampong e Dicks (2012), em estudo realizado com fertilizantes nitrogenados nas culturas de milho e trigo nos Estados Unidos, a demanda de fertilizantes não é tão sensível aos preços próprios, quando comparado aos preços das culturas.

Ao tratar mais especificamente dos fertilizantes minerais, as vantagens em relação a outros adubos são a relativa simplicidade de manejo e a maior quantidade de nutrientes por matéria, sendo que os teores de nutrientes são mais bem definidos, além de apresentarem garantias mínimas exigidas por lei, com base no tipo do fertilizante (Brasil, 2018). Embora outros fertilizantes apresentem garantias, como os orgânicos e os biofertilizantes, os teores mínimos de nutrientes exigidos são mais genéricos, devido à quantidade do nutriente variar conforme a origem da matéria-prima do adubo (Brasil, 2020).

Apesar dos benefícios da prática de adubação, o uso indiscriminado de fertilizantes, especialmente dos fertilizantes minerais, resulta em problemas ambientais. Há, por exemplo, a contaminação das águas por eutrofização, causada quando os nutrientes em excesso são carregados para fora do sistema agrícola. Tem-se também a degradação do solo, que prejudica o sistema biológico, físico e químico da produção (Ayoub, 1999). Além disso, no processo produtivo de fertilizantes minerais, há muita emissão de poluentes.

Outro inconveniente dos fertilizantes minerais está na questão de a oferta ser restrita a poucos países, como será retratada na próxima subseção.

2.2 Aspectos de oferta e demanda por fertilizantes minerais no mundo e no Brasil

A produção de fertilizantes tem como base os recursos naturais, os quais estão concentrados em determinadas regiões do globo, em especial as fontes das matérias-primas dos fertilizantes fosfatados e potássicos, que se apresentam de forma mais limitada em poucas regiões do mundo (Brasil, 2021). Isso torna os fertilizantes minerais insumos críticos para a agricultura de países dependentes de sua importação.

De acordo com o *Plano Nacional de Fertilizantes 2050* (Brasil, 2021), em 2020, as principais regiões detentoras de rocha fosfática eram o Marrocos e o Saara Ocidental, com 71% de toda a reserva. No que se refere às rochas potássicas, a concentração era no Canadá, em Belarus, na Rússia e na China, que representavam respectivamente 30%, 20%, 16% e 9% do total. Convém destacar

ainda que, no caso dos fertilizantes nitrogenados, a matéria-prima para a produção provém do petróleo e do gás natural. Por sua vez, os maiores países produtores de ureia são China, Rússia e Índia.

Assim, além de poucos países concentrarem grande parte das reservas minerais, as empresas ofertantes de fertilizantes minerais, também, são altamente concentradas (Hernandez e Torero, 2013).

Ainda em relação a 2020, quanto à demanda mundial, o principal país consumidor de fertilizantes era a China, seguida pela Índia, que representavam, respectivamente, 20% e 10 % do total de 246 milhões de toneladas consumidas (FAO, 2022). O terceiro maior país consumidor até 2019 eram os Estados Unidos. No entanto, em 2020, apesar da diferença ser pouca, o Brasil ultrapassou o consumo norte-americano, posicionando-se em terceiro lugar.

Embora o Brasil seja um dos maiores consumidores de fertilizantes minerais, a produção interna não supre as demandas domésticas, sendo preciso importar. No *ranking* mundial de importação de 2020, o país foi o terceiro maior importador de fertilizantes nitrogenados e potássicos, ficando atrás da Índia e dos Estados Unidos, respectivamente – além de ser o maior importador de fertilizantes fosfatados (FAO, 2022).

De acordo com os dados da Secex (Brasil, 2022), de um modo geral, o Brasil tem aumentado a cada ano a quantidade importada de fertilizantes dos macronutrientes primários. Em 2021, foram importadas 14 milhões de toneladas de fertilizantes nitrogenados, 21% da Rússia, 21% da China e 13% do Catar. Entre os fertilizantes básicos contendo nitrogênio, o país importa mais na forma de ureia, 56%, seguida por sulfato de amônio, 25%, e nitrato de amônio, 11%. Com relação aos fertilizantes fosfatados, foram 3,44 milhões de toneladas. Dessa quantidade, 38% vieram do Egito e 27% da China, na forma básica de superfosfatos. Já de fertilizantes potássicos, o Brasil importou 13 milhões de toneladas, sendo 32% provenientes do Canadá, 27% da Rússia e 18,14% de Belarus, na forma básica de cloreto de potássio.

2.3 Evolução dos preços dos fertilizantes minerais no Brasil

O comportamento dos preços dos fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, ao longo dos anos, apresentou dinâmica não linear. Esse movimento indica que mudanças abruptas nos preços também podem ocorrer no futuro (Elser *et al.*, 2014).

A alta de preços dos fertilizantes minerais de 2022, iniciada em 2021, tem alcançado os patamares do período 2007-2008 (gráfico 2), quando a alta dos preços esteve atrelada à crise energética do petróleo e ao preço das *commodities*,

que aumentou a demanda de fertilizantes para a produção agrícola. Já as últimas altas têm como causas a crise de saúde, com a pandemia de covid-19, e a crise geopolítica, com a guerra entre a Rússia e a Ucrânia.

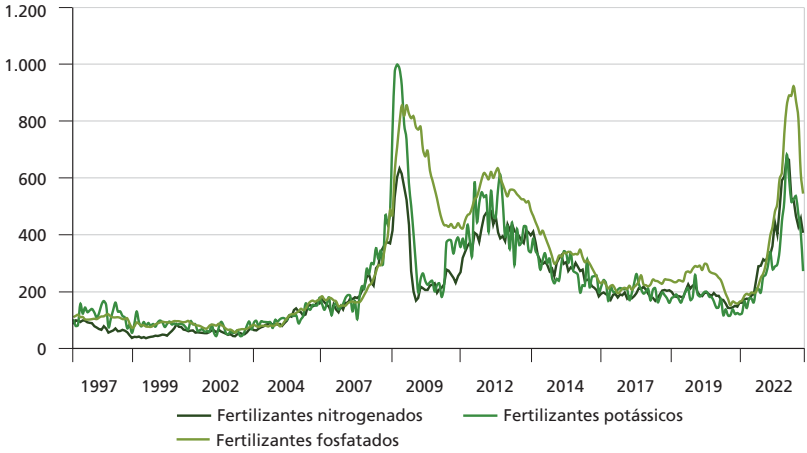
Em um primeiro momento, a pandemia de covid-19 não afetou os preços dos fertilizantes minerais. Apesar das restrições sanitárias impostas para conter a disseminação do coronavírus, não houve interrupção do fluxo estrutural da cadeia de fertilizantes, por serem eles tratados pelos governos como bens essenciais. Assim, os preços acompanharam o ritmo que vinha sendo praticado, (Ilinova, Dmitrieva e Kraslawski, 2021). No entanto, o pós-pandemia impactou outros mercados, cujos efeitos repercutiram nos preços dos fertilizantes minerais durante o ano de 2021 (IFA, 2021).

Um dos mercados afetados foi o de energia, a exemplo da cadeia de petróleo. As restrições da pandemia fizeram com que muitas das atividades econômicas fossem reduzidas de forma repentina. Isso fez com que a demanda de energia diminuísse e, consequentemente, os preços também (Cao e Cheng, 2021; Mensi, Rehman e Vo, 2021). Para ajustar o mercado de energia, o setor de petróleo teve de reduzir a produção (Mensi, Rehman e Vo, 2021). No entanto, após a criação das vacinas, em 2021, com o retorno da atividade econômica, a oferta de petróleo não conseguiu acompanhar a demanda, o que encareceu os preços de energia. Como a mercado de fertilizantes minerais depende de energia para a produção, houve, também, aumentos expressivos nos preços dos fertilizantes minerais (Brunelle *et al.*, 2015).

GRÁFICO 2

Evolução dos preços mensais de importação (FOB)[1] dos fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos (jan./1997-dez./2022)

(Em R$/tonelada-líquido)



Fonte: Brasil (2022).
Elaboração dos autores.
Nota: [1] FOB – *free on board* (frete em que o comprador assume todos os riscos e custos com o transporte da mercadoria).
Obs.: Valores convertidos em reais utilizando a taxa de câmbio efetiva real de importação elaborada pelo Ipea. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>.

Somado a isso, a guerra entre a Rússia e a Ucrânia, declarada em 2022, comprometeu ainda mais a inconstância dos preços dos fertilizantes (Ibendahl, 2022). Como já mencionado, a Rússia é um dos principais fornecedores de fertilizantes para o mundo, inclusive para o Brasil, segundo dados da Secex (Brasil, 2022).

A instabilidade dos preços dos fertilizantes minerais afetou o custo de produção agrícola no Brasil. Conforme Conab (2022), os custos com fertilizantes são um dos itens de maior peso no custo total das *commodities* agrícolas do país.

Na tabela 1, encontram-se os gastos com fertilizantes no custo de produção do milho segunda safra, da soja, ambas em Sorriso (Mato Grosso), maior região produtora de grão, e da cana-de-açúcar, em Penápolis (São Paulo), cidade localizada no estado maior produtor dessa cultura –, nas últimas três safras. De acordo com esses dados houve aumento expressivo dos custos com fertilizantes na safra 2022-2023, em comparação às safras anteriores.

Ao comparar as duas últimas safras da tabela 1, as variações do custo por hectare com fertilizantes foram de 130%, 76% e 181% nas culturas de milho segunda safra, soja e cana-de-açúcar, respectivamente. Com relação à participação do fertilizante no custo total, houve aumento de 10,1% e 14,5% da participação nas culturas de milho segunda safra e de cana-de-açúcar, respectivamente. Apesar do custo com fertilizantes ter aumentado na soja, a participação no custo total teve uma leve redução em -3,9%. No caso da soja, quase não se utilizam fertilizantes minerais como de fonte de nitrogênio, uma vez que a fixação biológica se encontra muito bem consolidada na sojicultura.

TABELA 1
Gasto com fertilizantes nas culturas de milho segunda safra, soja e cana-de-açúcar

Cultura	Safra	Fertilizantes			**Custo total (R$)**
		Custo por hectare (R$)	Custo por produto (R$)	Participação custo total (%)	
Milho segunda safra Sorriso (Mato Grosso)	2022-2023	1.936,18	16,13/60 kg	33,10	**5.849,25**
	2021-2022	843,37	7,03/60 kg	23,03	**3.662,79**
	2020-2021	970,93	8,09/60 kg	25,51	**3.806,71**
Soja Sorriso (Mato Grosso)	2022-2023	2.565,44	42,76/60 kg	33,96	**7.553,70**
	2021-2022	1.460,55	28,09/60 kg	37,90	**3.853,22**
	2020-2021	1.285,93	24,73/60 kg	32,49	**3.957,69**
Cana-de-açúcar Penápolis (São Paulo)	2022-2023	2.416,09	29,55/t	35,63	**6.781,58**
	2021-2022	859,43	10,52/t	21,18	**4.057,91**
	2020-2021	1.024,71	12,53/t	19,46	**5.266,38**

Fonte: Conab (2022).
Obs.: Valores deflacionados pelo Índice Geral de Preços/Disponibilidade Interna (IGP-DI). Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>.

Os choques de preços dos fertilizantes são capazes de mudar os planos de produção agrícola, resultando em possíveis variações da quantidade ofertada de produtos (Manos *et al.*, 2007; Komarek *et al.*, 2017), o que pode comprometer a segurança alimentar (Elser *et al.*, 2014).

Com a expectativa de o crescimento populacional atingir de 8,5 bilhões a 10,4 bilhões de pessoas entre 2030 e 2100 (ONU, 2022), torna-se fundamental a atenção à oferta de alimentos para atender à demanda crescente. Vale lembrar que outras questões também preocupam a produtividade agrícola, desde as alterações edafoclimáticas à iminência de pragas e doenças.

O Brasil tem papel fundamental na produção alimentar mundial. Conforme os dados da FAO (2022), em 2020, o país foi o segundo maior exportador de produtos agrícolas no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Os produtos brasileiros mais exportados foram soja, milho e açúcar.

3 METODOLOGIA

3.1 Dados

Cinco variáveis foram utilizadas para estimação do modelo (quadro 1). Uma das incluídas foi o preço dos fertilizantes minerais NPK (lpr_NPK). Considerou-se o preço de importação (FOB) como *proxy* do preço pago pelo produtor. A *proxy* é possível, porque a maior parcela do consumo é atendida via importação – não existem subsídios do governo destinados à aquisição direta de fertilizantes no país.

De acordo com a teoria da demanda, os preços dos insumos afetam a quantidade consumida, a qual influencia na produção. Logo, a quantidade entregue de fertilizantes ao mercado foi uma das variáveis no modelo (lqt_NPK).

Outro insumo produtivo muito relacionado ao uso dos fertilizantes é a área (larea) (Komarek *et al.*, 2017). Na literatura, os fertilizantes são definidos como insumo "poupador de terras". Logo, a área plantada foi inserida como variável do modelo. Devido a mais de 73% da demanda de fertilizantes serem destinadas ao atendimento das culturas de soja, cana-de-açúcar e milho (Brasil, 2021), incluiu-se a área plantada dessas culturas, somada à cultura do café e do algodão. Os produtos derivados dessas cinco culturas agrícolas, complexo soja, setor sucroalcooleiro, café, cereais (incluindo milho) e fibras, apresentaram os maiores números exportados, em termos de valores, respectivamente, no ano de 2021. Para entender quanto das variáveis mencionadas afetam a agricultura, a quantidade produzida (lqt_prod) foi outra variável empregada do modelo.

Como o investimento na produção depende dos preços dos produtos agrícolas, a variável atratividade foi considerada no modelo. Por abarcar as culturas

com maior destaque na exportação, a atratividade foi composta pelo preço de exportação do produto (em dólar) multiplicado pela taxa de câmbio. A depender dos preços das *commodities* em reais, podem atrair ou repelir os produtores a investir na produção agrícola, com intuito de aumentar ganhos ou evitar perdas. Segundo Barros e Silva (2008), a atratividade é um dos principais fatores que explicam a quantidade exportada.

QUADRO 1
Variáveis utilizadas no modelo

Variável[1]	Descrição	Período	Fonte
larea	Área plantada das *commodities* agrícolas[2] (1 mil ha).	Série anual 1990-2021	IBGE (2022)
lqt_prod	Quantidade produzida das *commodities* agrícolas[2] (1 mil t).	Série anual 1990-2021	IBGE (2022)
lpr_NPK	Preço de importação de fertilizantes minerais NPK (R$/t). Somaram-se os valores obtidos da divisão do valor FOB (US$) pelo quilograma líquido de importação dos respectivos fertilizantes, isto é, dos fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos. E converteu-se dólar para real utilizando a taxa de câmbio efetiva de importação elaborada pelo Ipea.[3]	Série anual 1990-2021	Brasil (2022)
lqt_NPK	Quantidade de fertilizantes NPK entregues ao mercado (1 mil t).	Série anual 1990-2021	Anda (1990-2021)
latrat	Atratividade das *commodities* agrícolas (R$/t). Valor obtido somando-se os resultados da divisão dos valores FOB (US$) por quilograma líquido de exportação de cada cultura[2] (Barros e Silva, 2008). Converteu-se dólar para reais utilizando a taxa de câmbio efetiva real elaborada pelo Ipea.	Série anual 1990-2021	Brasil (2022)

Elaboração dos autores.
Notas: [1] Todas as séries de variáveis foram transformadas em logaritmo.
[2] Somando-se as culturas de soja, cana-de-açúcar, milho, café e algodão.
[3] Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>.

3.2 Modelo

Como os dados se apresentam indexados no tempo, os modelos de séries temporais tornam-se uma técnica adequada para se explorar. Mais especificamente, o estudo empregou o modelo SVAR ou o autoregressivo vetorial estrutural com correção de erro (SVEC), a depender do teste de cointegração.

A seguir, será apresentada uma breve descrição dos testes e do modelo que foram empregados. Mais detalhes podem ser encontrados em Enders (2015).

O modelo SVAR pode ser representado na forma compacta por:

$$\boldsymbol{A_0 x_t} = \boldsymbol{\alpha} + \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{p}} \boldsymbol{A_i x_{t-1}} + \boldsymbol{\varepsilon_t} \tag{1}$$

Em que as matrizes $\boldsymbol{\alpha}, \boldsymbol{A_0}$ e $\boldsymbol{A_i}$ são os coeficientes a serem estimados; $i = 1, \dots, p$, sendo p igual a ordem de defasagens; e $\boldsymbol{x_t}$ o vetor de variáveis empregado; e assume-se que os erros estruturais, $\boldsymbol{\varepsilon_t}$, são ruídos brancos.

Quando pré-multiplicar a equação (1) por $\boldsymbol{A_0^{-1}}$, tem-se a seguinte equação na forma reduzida:

$$\boldsymbol{x_t = A_0^{-1}\alpha + \sum_{i=1}^{p} A_0^{-1} A_i x_{t-1} + e_t} \tag{2}$$

Em que $\boldsymbol{e_t}$ é o resíduo estimado na forma reduzida. Esse pode ser expresso por:

$$\boldsymbol{e_t = A_0^{-1}\varepsilon_t} \tag{3}$$

Em que, $\boldsymbol{A_0^{-1}}$ é a matriz que contém as restrições teóricas à estrutura. Diferentemente do modelo VAR, que necessita que todos os elementos da matriz $\boldsymbol{A_0}$ acima da diagonal principal sejam iguais a zero, o modelo SVAR proposto por Sims (1986) e Bernanke (1986) admite configurar os choques contemporâneos seguindo a teoria econômica. Isso permite uma análise econômica mais adequada.

Supõem-se as relações contemporâneas que se seguem.

- Um impacto no preço de importação de fertilizantes minerais NPK e um impacto na atratividade das *commodities* agrícolas influenciam contemporaneamente a área plantada das *commodities* agrícolas.
- Um impacto na área plantada de *commodities*, um impacto na quantidade entregue de fertilizantes ao mercado e um impacto na atratividade das *commodities* influenciam contemporaneamente a quantidade produzida das *commodities* agrícolas.
- Um impacto na quantidade entregue de fertilizantes ao mercado e um impacto na atratividade das *commodities* influenciam contemporaneamente o preço de importação de fertilizantes minerais NPK.
- Um impacto na área plantada de *commodities*, um impacto no preço de importação de fertilizantes minerais NPK e um impacto na atratividade das *commodities* influenciam contemporaneamente a quantidade entregue de fertilizantes ao mercado.

Com base nas restrições descritas, os erros na forma reduzida e_t podem ser decompostos nos seguintes componentes:

$$\boldsymbol{e_t} \equiv \begin{bmatrix} e_t^{\Delta \text{larea}} \\ e_t^{\Delta \text{lqt_prod}} \\ e_t^{\Delta \text{lpr_NPK}} \\ e_t^{\Delta \text{lqt_NPK}} \\ e_t^{\Delta \text{latrat}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a_{1,3} & 0 & a_{1,5} \\ a_{2,1} & 1 & 0 & a_{2,4} & a_{2,5} \\ 0 & 0 & 1 & a_{3,4} & a_{3,5} \\ a_{4,1} & 0 & a_{4,3} & 1 & a_{4,5} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Em que elementos da matriz iguais a zero indicam que não há impacto contemporâneo.

Caso as variáveis apresentem pelo menos um vetor de cointegração, não se utiliza o modelo SVAR, uma vez que ele omite relações relevantes. Em vez de SVAR, utiliza-se o modelo SVEC, que apresenta termo(s) de correção de erro(s), com as séries nas diferenças.

Ao ajustar a equação (2), tem-se a seguinte representação do modelo SVEC:

$$\Delta \boldsymbol{x}_t = \boldsymbol{\Pi} \boldsymbol{x}_{t-p} + \sum_{i=2}^{p} \boldsymbol{\Gamma}_i \boldsymbol{\Delta x}_{t-i+1} + \boldsymbol{u}_t \tag{5}$$

Com

$$\boldsymbol{\Gamma}_i = -(\boldsymbol{A}_{i+1} + \cdots + \boldsymbol{A}_p), \tag{6}$$

Sendo $i = 1, \ldots, p-1$.

$$\boldsymbol{\Pi} = \boldsymbol{\alpha}\boldsymbol{\beta}^T = -(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A}_1 - \cdots - \boldsymbol{A}_p) \tag{7}$$

Em que a matriz $\boldsymbol{\Gamma}$ mede os efeitos transitórios. Assim, $\sum_{i=2}^{p} \boldsymbol{\Gamma}_i \boldsymbol{\Delta x}_{t-i+1}$ representa os fatores de curto prazo. E a matriz $\boldsymbol{\Pi}$ é posto reduzido, cujos componentes $\boldsymbol{\alpha}$ e $\boldsymbol{\beta}$ apresentam dimensão K x r, sendo r o posto de cointegração, que indica quantas relações de longo prazo existem entre as variáveis. A matriz $\boldsymbol{\alpha}$, caracterizada como a matriz de ajustamento, e a matriz $\boldsymbol{\beta}$ compõem os coeficientes de longo prazo. Logo, $\boldsymbol{\Pi x}_{t-p}$ representa a matriz de longo prazo.

Especificado o modelo, iniciam-se os instrumentos analíticos. Foi analisada a decomposição da variância do erro, que permite indicar a proporção de movimento de cada variável em função de um choque sobre a própria série e sobre as outras variáveis do sistema, e a função impulso-resposta, que mostra o comportamento de uma variável frente ao choque não antecipado dela própria e também das outras variáveis consideradas no modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição do modelo

Os modelos de séries temporais para serem aplicados preceituam que a série seja estacionária para evitar possíveis relações espúrias (Enders, 2015). Uma série é dita estacionária quando a média e a variância são constantes e quando a covariância depende, somente, do intervalo de tempo. Caso a série seja não estacionária, indica-se a presença de pelo menos uma raiz unitária.

O teste de Dickey-Pantula (Dickey e Pantula, 1987) e o teste DF-GLS proposto por Elliott, Rothenberg e Stock (1996) foram empregados para analisar a estacionariedade da série. O primeiro testa a hipótese nula de presença de duas raízes unitárias. Os resultados de todas as séries indicaram a rejeição de duas raízes unitárias para todas as séries em nível. E o teste DF-GLS tem como hipótese nula a presença de uma raiz unitária contra a série ser estacionária. Os resultados do teste DF-GLS, em nível, indicaram que todas as séries analisadas apresentam uma raiz unitária.

Por apresentar característica não estacionária em nível, realizou-se o teste DF-GLS nas séries nas diferenças para verificar a estacionariedade. Todas as séries rejeitaram a hipótese nula para algum dos testes com ou sem componentes determinísticos. Logo, considerou-se que todas as séries são integradas de ordem um.

Como todas as séries apresentaram a mesma ordem de integração, realizou-se o teste de cointegração de Johansen (1988). Esse teste analisa se as variáveis em conjunto apresentam relação de longo prazo. Primeiramente, foi necessário saber o número de defasagens ótimas das variáveis em conjunto. Considerando a defasagem máxima igual a três, o critério de informação Akaike indicou a defasagem ótima igual a três, enquanto pelo critério de informação Hannan e Quinn e de erro de previsão final mostraram dois, e o critério de Schwartz apontou um. O número de defasagem adotado foi dois.

A análise do resultado dos testes de cointegração de Johansen (1988), ajustado para duas defasagens e sem componente determinístico, foi realizada de forma sequencial. Iniciando com o teste da hipótese nula igual a zero, o teste indicou a rejeição da hipótese nula ao nível de significância de 5%. Dada a rejeição, subsequentemente, testou-se a hipótese nula de $r <= 1$, que indicou a não rejeição da hipótese nula ao nível de significância de 5%. Por conseguinte, determinou-se o número de vetor de cointegração como sendo igual a um. Ou seja, as variáveis apresentaram relações de longo prazo. Dada a presença de pelo menos um vetor de cointegração, o modelo SVEC foi ajustado.

Para verificar se o modelo resultante é adequado, foi necessário realizar o diagnóstico do modelo (Tsay, 2013), que consiste em analisar os seguintes critérios: i) autocorrelação dos resíduos por meio do teste F de Edgerton e Shukur (1999), para menores defasagens, e o teste de Portmanteau, para maiores defasagens; ii) normalidade multivariada dos resíduos por meio do teste de Jarque-Bera; e iii) estabilidade do modelo estimado, que consiste em certificar se as raízes do modelo se encontram dentro do círculo unitário. Os resultados dos testes apresentaram em nível de 5% de significância ausência de autocorrelação dos resíduos e resíduos com distribuição normal e todas as raízes foram menores que um. Diante disso, considerou-se o modelo apropriado.

4.2 Resultados analíticos do modelo

4.2.1 Área plantada

Os resultados da decomposição histórica da variância do erro de previsão da área plantada no Brasil mostram que, entre as variáveis consideradas, grande parte da sua variação, 80%, é explicada por ela mesma. Em seguida, encontram-se a atratividade da *commodity* agrícola e o preço de importação do fertilizante NPK, que são responsáveis por explicar aproximadamente 14% e 4% da variabilidade da área plantada no primeiro momento, respectivamente.

No decorrer do tempo, a variância do erro de previsão da área plantada é explicada menos pela própria variável e mais pela variância do preço de importação do fertilizante NPK. Como pode ser observado na tabela 2, após o décimo período em diante, o preço de importação de fertilizantes explica aproximadamente 50%, enquanto a própria variância explica 40%.

Das variáveis que mais afetaram a variância da área plantada, analisou-se a função impulso-resposta. Isto é, observou-se o comportamento da área plantada frente a choques não antecipados na própria variável, no preço de importação de fertilizantes NPK e na atratividade (gráfico 3).

O comportamento de um choque de 1% na área plantada tem efeitos positivos com a evolução do tempo sobre a própria variável. O choque se estabiliza 0,86% no sexto período.

Com relação ao choque de 1% no preço de importação dos fertilizantes NPK, tem-se uma variação negativa na área plantada entre -0,06% e -0,30%. Uma possível justificativa para esse resultado se deve ao choque positivo no preço dos fertilizantes NPK, que encarece os custos de produção. Como consequência, o produtor busca reduzir o investimento nos fatores produtivos agrícolas como um todo, entre os quais se encontra a área plantada.

Essa relação negativa foi encontrada também por Komarek *et al*. (2017) em Malawi. No entanto, o resultado teve sinal contrário ao encontrado por Brunelle *et al*. (2015). A diferença pode estar no nível de agregação dos dados, já que esses autores consideram a análise globalmente. Um estudo mais específico pode melhorar o detalhamento dos resultados. No Brasil, solos tropicais são predominantes. Uma das características desse solo é o baixo teor de nutrientes. Logo, preços mais altos podem impedir o aumento da área por não haver insumo suficiente para o correto estabelecimento dos nutrientes no processo produtivo.

O choque de 1% na atratividade das *commodities* agrícolas resulta no aumento da área plantada entre 0,04% e 0,06% nos primeiros momentos – o que era de se esperar, já que aumentos na atratividade das culturas encorajam os

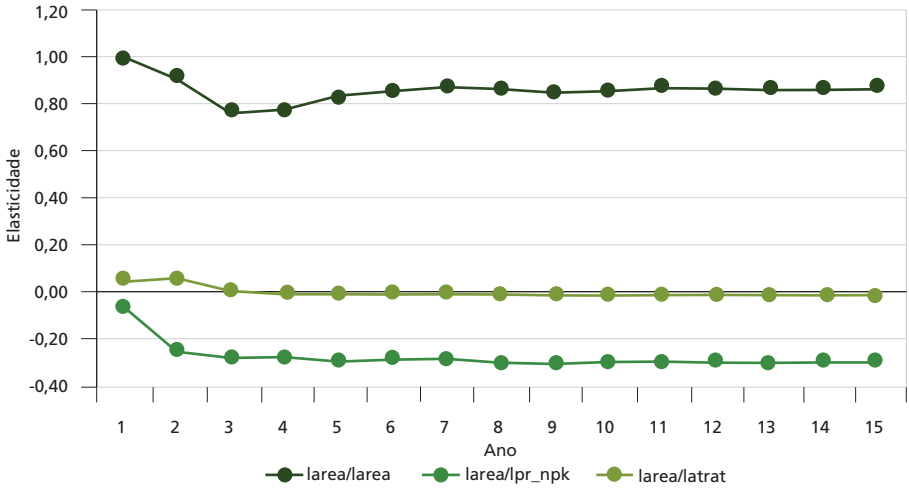
produtores a investir no cultivo, sendo a área um dos recursos para a promoção do aumento da produção agrícola. Porém, o aumento ocorre apenas em dois períodos pós-choque. Logo em seguida, a variação aproxima-se do zero.

TABELA 2
Decomposição histórica da variância do erro de previsão para a série de área plantada da *commodity* agrícola no Brasil
(Em %)

Período	larea	lqt_prod	lpr_npk	lqt_npk	latrat
1	81,87	0,00	3,63	0,00	14,50
2	56,26	2,67	24,36	1,17	15,54
3	49,31	3,89	34,84	1,61	10,35
4	46,54	4,22	40,03	1,21	7,99
5	44,74	4,13	43,45	1,30	6,39
10	41,69	4,91	48,72	1,21	3,47
15	40,58	5,15	50,44	1,20	2,63
20	40,00	5,27	51,30	1,20	2,24

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 3
Respostas da área plantada (larea) a choques não antecipados na própria variável (larea), no preço de importação do fertilizante NPK (lpr_npk) e na atratividade (latrat)



Elaboração dos autores.

4.2.2 Quantidade produzida

Os resultados da decomposição histórica da variância do erro de previsão da quantidade produzida indicaram que a maior parte da variância, quase 50%, se deve a ela própria, no primeiro período (tabela 3); e entre as variáveis consideradas pela variância da quantidade consumida de fertilizantes NPK, 31,5%, e pela variância da área plantada, 19,9%.

Após o primeiro período, a explicação da própria variância reduz. Estabiliza-se em torno de 24% após o décimo período, enquanto a variância da quantidade entregue de NPK ao mercado aumenta a partir do quinto período, com contribuição de aproximadamente 46%. Outra variável que aumenta a influência é a atratividade, com a participação de 20% no quinto período.

Por meio da função impulso-resposta verifica-se o comportamento da quantidade produzida das *commodities* agrícolas frente a choques não antecipados na própria variável, na área plantada, na quantidade de fertilizantes NPK entregues ao mercado e na atratividade, isto é, das variáveis que mais ajudaram a explicar a variância da quantidade produzida (gráfico 4). Tem-se que o choque de 1% na quantidade produzida gera uma variação entre 0,81% e 1,05% ao longo do tempo.

O choque de 1% na área plantada causa uma variação inicial positiva de 0,82% na quantidade produzida, e estabilizando para 0,07%. Com isso, identifica-se o produto marginal da área plantada na produção agrícola como sendo positivo. Isso era de se esperar pela área ser um insumo essencial.

Também, identificou-se que o choque de 1% na quantidade de fertilizantes entregues ao produtor aumenta a quantidade produzida inicialmente em 1,73%. Esse aumento estabiliza em 3,31% após o oitavo ano. A maior quantidade de nutrientes empregados na agricultura aumenta a qualidade do solo, o que pode proporcionar aumento da quantidade produzida de produtos agrícolas, caso outros fatores produtivos encontrem-se favoráveis.

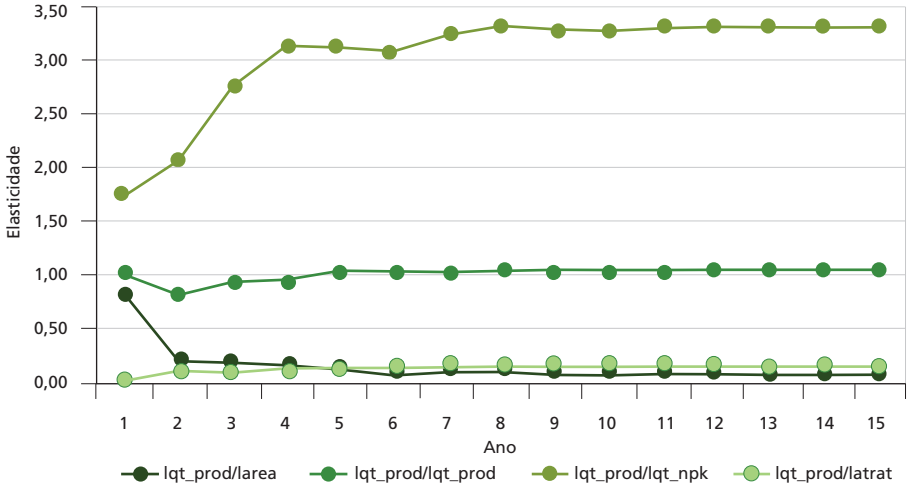
Com relação à atratividade, observa-se que, quando os preços das *commodities* no mercado externo aumentam em 1%, a quantidade produzida se eleva entre 0,01% e 0,14%. O aumento da produção, apesar da variação baixa, se deve ao produtor almejar o aproveitamento das altas dos preços de mercado para poder aumentar a rentabilidade.

TABELA 3
Decomposição histórica da variância do erro de previsão para a série de quantidade produzida da *commodity* agrícola no Brasil
(Em %)

Período	larea	lqt_prod	lpr_npk	lqt_npk	latrat
1	19,95	48,20	0,00	31,54	0,32
2	10,05	38,12	0,08	36,36	15,39
3	6,04	33,43	2,69	42,77	15,07
4	3,97	28,92	4,11	45,18	17,82
5	2,94	27,60	4,24	45,76	19,46
10	1,22	24,26	5,83	46,38	22,31
15	0,78	23,21	6,29	46,53	23,20
20	0,58	22,74	6,49	46,59	23,60

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 4
Respostas da quantidade produzida (lqt_prod) a choques não antecipados na própria variável (lqt_prod), na área plantada (larea), na quantidade entregue de fertilizante NPK ao mercado (lqt_npk) e na atratividade (latrat)



Elaboração dos autores.

4.2.3 Preço de importação de fertilizantes NPK

Os resultados da decomposição histórica da variância do erro de previsão do preço de importação de fertilizantes NPK revelaram que a quantidade entregue de fertilizantes NPK no mercado brasileiro é a variável que mais contribui para a explicação da variância do preço, com 61,76% no primeiro período (tabela 4).

Isso mostra que a quantidade demandada do Brasil exerce uma pressão sobre os preços dos fertilizantes. No decorrer do período, outra variável que contribui para a variância do preço do fertilizante NPK é a atratividade. No décimo período, a participação foi de aproximadamente 30%.

Por meio da função impulso-resposta analisou-se o comportamento do preço de importação de fertilizante NPK frente a choques não antecipados na própria variável, na quantidade produzida, na quantidade entregue de fertilizante NPK e na atratividade (gráfico 5). Choque de 1% no preço do fertilizante NPK causa oscilação de preços na própria variável entre -0,03 e 0,59%. Essas oscilações ocorrem em função do ajustamento de preços no mercado pós-choque.

Com relação ao choque de 1% na quantidade produzida, os preços dos fertilizantes NPK mostraram variações positivas (gráfico 5). O ano em que ocorreu o choque não apresentou variação de preços, isso pela própria construção do modelo. Mas no ano subsequente houve variação de 1,68%, estabilizando-se em variação de 1,46% no oitavo período pós-choque – um resultado esperado, uma vez que, em anos de altas safras, a exportação de nutrientes do sistema agrícola levados junto às colheitas é alta. Isso faz que, no próximo ano, a demanda de fertilizantes seja elevada para restabelecer os nutrientes no solo, o que pressiona os preços para cima.

O choque de 1% na quantidade entregue de fertilizantes causa variação positiva nos preços dos fertilizantes NPK (gráfico 5). No ano em que ocorre o choque, os preços dos fertilizantes aumentam em 7,96%. Já no segundo ano pós-choque, reduz para 5,44%, e no terceiro ano, para 0,83%. Houve a presença de oscilações até se estabilizar em 4,80% no nono período pós-choque. As oscilações devem-se à oferta e à demanda cíclicas. Tem-se que o Brasil é um dos maiores consumidores de fertilizantes, isso faz com que o choque na demanda do país influencie os preços de importação dos fertilizantes NPK. Ademais, a alta magnitude de resposta dos preços pode ser justificada pela variação da capacidade produtiva de fertilizantes minerais ser limitada no curto prazo; pela existência de poucos substitutos próximos ao insumo; e pela alta concentração do mercado. Esses fatores tornam os preços de fertilizantes sensíveis à variação da demanda.

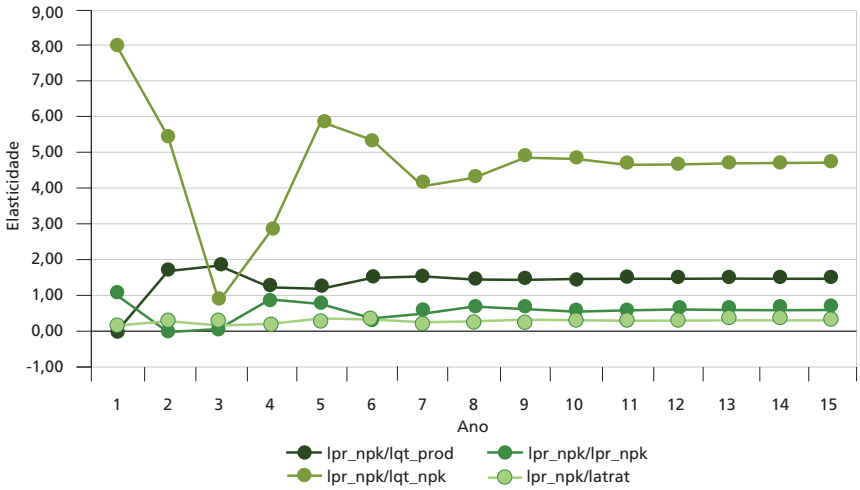
O choque de 1% na atratividade causa no preço do fertilizante NPK variações positivas entre 0,15% e 0,30% (gráfico 5). A atratividade, por ser derivada da multiplicação entre os preços de exportação das *commodities* agrícolas e a taxa de câmbio, é muito influenciada pelo mercado internacional, igual aos preços dos fertilizantes minerais. Assim, atrativos preços de exportação das *commodities* incentivam os produtores de todo mundo a aumentarem a produção. Um dos insumos utilizados para aumentar a produção são os fertilizantes minerais, cujo aumento na demanda pressiona os preços dos fertilizantes para cima.

TABELA 4
Decomposição histórica da variância do erro de previsão para a série de preço de importação de fertilizantes NPK
(Em %)

Período	larea	lqt_prod	lpr_npk	lqt_npk	latrat
1	0,00	0,00	31,68	61,76	6,56
2	0,03	7,73	19,42	55,52	17,31
3	1,77	14,61	16,80	48,25	18,58
4	1,65	14,30	23,64	41,11	19,30
5	1,19	12,19	22,52	39,64	24,45
10	1,31	13,46	18,56	36,13	30,54
15	1,30	13,75	17,85	34,69	32,40
20	1,28	13,87	17,46	33,98	33,40

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 5
Respostas do preço de importação de fertilizantes NPK (lpr_npk) a choques não antecipados na própria variável (lpr_npk), na quantidade produzida (lqt_prod), na quantidade entregue de fertilizante NPK (lqt_npk) e na atratividade (latrat)



Elaboração dos autores.

4.2.4 Quantidade entregue de fertilizantes NPK

A variância do erro de previsão da quantidade de fertilizantes NPK entregue no Brasil é explicada em maior parte pelo preço desse insumo (tabela 5). A representação do preço de fertilizante NPK é de 83,94% no primeiro período e, no decorrer dos períodos, a contribuição do preço reduz um pouco, mas continua

exercendo forte participação na variância da quantidade de fertilizantes NPK entregue. Após o segundo período, outra variável que contribui para a variância da quantidade de fertilizantes NPK entregue é a área, com participação em torno de 20%.

Esse resultado foi diferente do encontrado por Acheampong e Dicks (2012) e por Etienne, Trujillo-Barrera e Wiggins (2016), que identificaram que a quantidade consumida de fertilizantes apresenta maior sensibilidade aos preços das culturas do que os preços próprios. Neste capítulo, o preço das culturas foi representado pela atratividade. Porém, a atratividade não ajudou a explicar muito a variância do erro da quantidade de fertilizantes NPK entregue.

Por meio da função impulso-resposta foi analisado o comportamento da quantidade de fertilizantes NPK entregue frente ao choque não antecipado das variáveis que mais explicaram a sua variação, ou seja, os choques na própria variável, nos preços dos fertilizantes NPK e na área plantada. O choque na própria variável resulta em variações positivas entre 0,28% e 0,60%, com estabilização em 0,52%.

Já o choque de 1% nos preços dos fertilizantes NPK reduz a quantidade de fertilizantes NPK entregue entre -0,72% e -0,38%, estabilizando o choque em aproximadamente -0,48% após o sétimo período pós-choque. A variação é pequena, devido à existência de poucos substitutos de fertilizantes (Beckman e Riche, 2015). O resultado apresentou consistência com a teoria econômica da demanda, em que aumentos dos preços de um produto levam à redução da quantidade demandada por ele. Essa relação negativa foi observada em diversos estudos, porém com magnitudes diferentes (Manos *et al.*, 2007; Williamson, 2011; Acheampong e Dicks, 2012; Holden e Lunduka, 2012; Komarek *et al.*, 2017; Ogeto e Jiong, 2019; Ogino *et al.*, 2020).

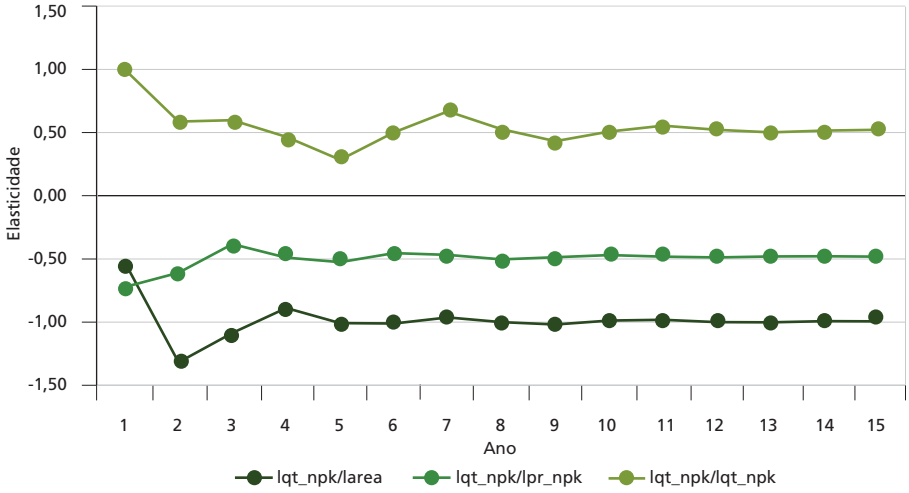
E o choque de 1% na área plantada provoca variação negativa de 0,53% na quantidade de fertilizantes NPK entregue, inicialmente. Nos anos pós-choque, a variação da quantidade apresentou entre -1,32% e -1%. Essa resposta negativa pode ser justificada pelo aumento da área compensar o uso de fertilizantes. Isto é, com o aumento da área, a produção agrícola passa de intensiva para extensiva. Convém lembrar que, na literatura, os fertilizantes são considerados insumos poupadores de terra.

TABELA 5
Decomposição histórica da variância do erro de previsão para a série de quantidade de fertilizantes NPK entregue
(Em %)

Período	larea	lqt_prod	lpr_npk	lqt_npk	latrat
1	3,89	0,00	83,94	4,95	7,22
2	14,59	0,04	73,79	3,42	8,15
3	18,38	0,04	68,28	3,44	9,87
4	18,89	0,07	69,26	3,20	8,58
5	19,64	0,07	69,77	2,76	7,77
10	22,23	0,05	68,50	2,68	6,55
15	23,14	0,04	68,27	2,61	5,94
20	23,66	0,03	68,11	2,56	5,64

Elaboração dos autores.

GRÁFICO 6
Respostas da quantidade de fertilizante NPK entregue (lqt_npk) a choques não antecipados na própria variável (lqt_npk), na área plantada (larea) e na quantidade entregue de fertilizante NPK (lqt_npk)



Elaboração dos autores.

4.2.5 Atratividade da *commodity* agrícola

O resultado da decomposição histórica da variância do erro de previsão da atratividade indicou que a maior parte é explicada pela própria variância (tabela 6). No primeiro período, 100% da variância é explicada por ela mesma. No decorrer do período, apesar de outras variáveis contribuírem, grande porcentagem da variância

se deve à atratividade. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de um país, apesar de ser grande produtor agrícola e influenciar as cotações de preços, ser um tomador de preços internacionais das commodities agrícolas, como é o caso do Brasil.

Entre as variáveis empregadas no modelo, a atratividade mostrou ser a mais exógena. Por isso, não se analisou a função impulso-resposta, envolvendo essa variável como resposta.

TABELA 6
Decomposição histórica da variância do erro de previsão para a série de atratividade da *commodity* agrícola
(Em %)

Período	larea	lqt_prod	lpr_npk	lqt_npk	latrat
1	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2	0,08	0,21	0,00	0,88	98,84
3	0,40	0,12	1,54	4,47	93,47
4	0,45	0,14	1,90	7,65	89,86
5	0,64	0,25	1,72	8,32	89,07
10	0,92	0,38	2,53	9,83	86,34
15	0,99	0,42	2,77	10,44	85,38
20	1,03	0,44	2,88	10,72	84,93

Elaboração dos autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do estudo apresentado neste capítulo foi analisar o comportamento do mercado de fertilizantes minerais na produção agrícola brasileira. Em particular, foram analisadas as relações entre as variáveis preço de importação dos fertilizantes minerais, quantidade entregue de fertilizantes, área plantada, quantidade agrícola produzida e atratividade das cinco *commodities* agrícolas mais exportadas durante os anos de 1990 a 2021, por meio do modelo SVEC.

Um dos anseios do estudo estava em verificar a interferência dos preços de fertilizantes minerais na produção agrícola, devido às altas de preços de 2022. De acordo com os resultados da decomposição histórica da variância, observou-se que os preços dos fertilizantes explicam pouco a variância da quantidade agrícola produzida. Encontrou-se, porém, que uma das variáveis que mais explicam a variância da quantidade agrícola produzida é a quantidade entregue de fertilizantes, no caso, entre 31,5% e 46,6%. Ao analisar a função impulso-resposta, constatou-se que um choque de 1% na quantidade entregue de fertilizantes impacta a quantidade produzida em 1,73% contemporaneamente, convergindo em 3,31%. Esses resultados estão de acordo com a teoria microeconômica, ou seja, que a quantidade

produzida de um bem se dá em função das quantidades empregadas de insumo, e a quantidade demandada de um produto se dá em função dos preços do próprio bem e dos produtos relacionados.

Essa última explicação pode ser constatada no resultado da decomposição da variância do erro da quantidade entregue de fertilizantes, que mostrou que o preço dos fertilizantes foi a principal variável que explicou a sua variância, com participação entre 68,11% e 83,94%. Entre as variáveis empregadas no modelo, a quantidade entregue de fertilizantes foi a mais endógena. Por meio da função impulso-resposta, observou-se que o choque de 1% no preço de importação dos fertilizantes minerais impacta negativamente o consumo em -0,72% contemporaneamente, estabilizando em -0,48%.

Outra variável muito relacionada ao uso dos fertilizantes minerais é a área agrícola. Os resultados indicam que o choque de 1% na área plantada leva à redução no consumo de fertilizantes minerais em -0,53% contemporaneamente, estabilizando em -1%. Embora tenha sido encontrada pouca influência da quantidade consumida de fertilizantes minerais sobre a área plantada, 1,25%, encontrou-se que boa parte da variância da área plantada é explicada pela variabilidade do preço dos fertilizantes minerais, entre 3,63% e 50%. Ao analisar o choque dos preços dos fertilizantes minerais sobre a área plantada, observou-se que o impacto de 1% tem efeito negativo na área plantada de -0,06% no momento do choque, estabilizando em -0,30%.

Como todo investimento em determinado insumo se baseia em como está o mercado do produto, considerou-se como uma das variáveis do modelo a atratividade da exportação das *commodities* agrícolas. A atratividade resultou como a variável mais exógena. A atratividade influencia pouco a quantidade entregue de fertilizantes NPK no Brasil, porém explica considerável parcela da variância dos preços dos fertilizantes NPK, entre 6,56% e 33,4%. Choque de 1% na atratividade impacta os preços dos fertilizantes em 0,15% contemporaneamente, estabilizando em 0,30%.

Esses resultados confirmam a necessidade de haver políticas estratégicas para os fertilizantes no Brasil. Não somente dos fertilizantes minerais, mas com os fertilizantes em geral. Sem uma política adequada, os ganhos de produtividade conquistados ao longo dos anos ficam comprometidos. Ademais, reforça-se a importância de cumprir as metas estabelecidas pelo Plano Nacional de Fertilizantes, cujo objetivo é aumentar a competitividade e o fornecimento de fertilizantes (Brasil, 2021).

Uma das limitações do estudo foi considerar na análise apenas as cinco *commodities* agrícolas mais exportadas, soja, cana-de-açúcar, milho, café e algodão. A justificativa para utilizar somente essas se deve a aproximadamente

73% do total de fertilizantes minerais no país serem destinados para atender às três primeiras culturas (Brasil, 2021). No entanto, as variações dos preços dos fertilizantes minerais também interferem em outras culturas tanto direta como indiretamente. De forma indireta, pelos fertilizantes minerais terem como substitutos próximos outros tipos de fertilizantes, como os orgânicos e os organominerais, em que variações de um dos mercados podem alterar o outro, o que provoca possíveis alterações nos mercados de outras culturas, mesmo as que não empregam fertilizantes minerais diretamente.

REFERÊNCIAS

ACHEAMPONG, K.; DICKS, M. R. Fertilizer demand for biofuel and cereal crop production in the United States. *In*: ANNUAL MEETING SOUTHERN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION, 2012, Birmingham, Alabama. **Proceedings**… Birmingham: SAEA, 2012.

ANDA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO NACIONAL DE ADUBOS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo: Anda, 1990-2021.

AYOUB, A. T. Fertilizers and the environment. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 55, n. 2, p. 117-121, 1999.

BARROS, G. S. C.; SILVA, S. F. A balança comercial do agronegócio brasileiro de 1989 a 2005. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, p. 905-935, 2008.

BECKMAN, J.; RICHE, S. Changes to the natural gas, corn, and fertilizer price relationships from the biofuels era. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 47, n. 4, p. 494-509, 2015.

BERNANKE, B. S. Alternative explanations of the money-income correlation. **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, Princeton, v. 25, n.1, p. 44-99, 1986.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018. Ficam estabelecidas as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 ago. 2018.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 jul. 2020.

_____. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**: uma estratégia para os fertilizantes no Brasil. Brasília: SAE, 2021.

_____. Secretaria de Comércio Exterior. **COMEX STAT**: exportação e importação geral. Brasília: Secex, 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 5 set. 2022.

BRUNELLE, T. *et al*. Evaluating the impact of rising fertilizer prices on crop yields. **Agricultural Economics**, v. 46, n. 5, p. 653-666, 2015.

CAO, Y.; CHENG, S. Impact of covid-19 outbreak on multi-scale asymmetric spillovers between food and oil prices. **Resources Policy**, v. 74, 2021.

CARDOSO, I. M.; KUYPER, T. W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 116, n. 1-2, p. 72-84, 2006.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de Produção**. Brasília: Conab, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>. Acesso em: 6 jun. 2022.

DICKEY, D. A.; PANTULA, S. G. Determining the order of differencing in autoregressive processes. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 5, n. 4, p. 455-461, 1987.

EDGERTON, D.; SHUKUR, G. Testing autocorrelation in a system perspective testing autocorrelation. **Econometric Reviews**, v. 18, n. 4, p. 343-386, 1999.

ELLIOTT, G.; ROTHENBERG, T. J.; STOCK, J. H. Efficient tests for an autoregressive unit root. **Econometrica**, v. 64, n. 4, p. 813-836, 1996.

ELSER, J. J. *et al*. Regime shift in fertilizer commodities indicates more turbulence ahead for food security. **PLoS One**, v. 9, n. 5, 2014.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. 4th ed. Nova York: Wiley, 2015.

ETIENNE, X. L.; TRUJILLO-BARRERA, A.; WIGGINS, S. Price and volatility transmissions between natural gas, fertilizer, and corn markets. **Agricultural Finance Review**, v. 76, n. 1, p. 151-171, 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The statistic division** – FAOSTAT. Paris: FAO, 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GASQUES, J. G. *et al*. **Produtividade total dos fatores na agricultura-Brasil e países selecionados**. Brasília: Ipea, 2022.

HERNANDEZ, M. A.; TORERO, M. Market concentration and pricing behavior in the fertilizer industry: a global approach. **Agricultural Economics**, v. 44, n. 6, p. 723-734, 2013.

HOLDEN, S.; LUNDUKA, R. Do fertilizer subsidies crowd out organic manures? The case of Malawi. **Agricultural Economics**, v. 43, n. 3, p. 303-314, 2012.

HOSSAIN, M.; SINGH, V. P. Fertilizer use in Asian agriculture: implications for sustaining food security and the environment. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 57, n. 2, p. 155-169, 2000.

IBENDAHL, G. The Russia-Ukraine conflict and the effect on fertilizer. **AgManager.info**, 8 March 2022. Manhattan: Kansas State University, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produtividade Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 jun. 2022.

ILINOVA, A.; DMITRIEVA, D.; KRASLAWSKI, A. Influence of covid-19 pandemic on fertilizer companies: The role of competitive advantages. **Resources Policy**, v. 71, 2021.

IFA – INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. **Public summary medium-term fertilizer outlook 2021-2025**. Paris: IFA, 2021.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 12, n. 2-3, p. 231-254, 1988.

KOMAREK, A. M. *et al*. Agricultural household effects of fertilizer price changes for smallholder farmers in central Malawi. **Agricultural Systems**, v. 154, p. 168-178, 2017.

LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa, 2004.

MANOS, B. *et al*. Fertilizer price policy, the environment and farms behavior. **Journal of Policy Modeling**, v. 29, n. 1, p. 87-97, 2007.

MENSI, W.; REHMAN, M. U.; VO, X. V. Dynamic frequency relationships and volatility spillovers in natural gas, crude oil, gas oil, gasoline, and heating oil markets: implications for portfolio management. **Resources Policy**, v. 73, p. 102-172, 2021.

OGETO, R. M.; JIONG, G. Fertilizer underuse in Sub Saharan Africa: evidence from Maize. **Journal of Agricultural Economics and Development**, v. 7, p. 11-28, 2019.

OGINO, C. M. *et al*. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o Centro-Oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, 2020.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Population Prospects 2022**: Summary of Results. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RUTTAN, V. W. **Technology, growth, and development**: an induced innovation perspective. New York: Oxford University Press, 2001.

SIMS, C. A. Macroeconomics and reality. **Econometrica**, Oxford, v. 48, n. 1, p.1-48, 1980.

_____. Are forecasting models usable for policy analysis? **Quarterly Review**, Minneapolis, v. 10, p. 2-16, 1986.

SINHA, E. *et al*. Implication of imposing fertilizer limitations on energy, agriculture, and land systems. **Journal of Environmental Management**, v. 305, p. 114-391, 2022.

TSAY, R. S. **Multivariate time series analysis**: with R and financial applications. New Jersey: John Wiley and Sons, 2013.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **O desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa**. Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2748).

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017.

WILLIAMSON, J. M. The role of information and prices in the nitrogen fertilizer management decision: new evidence from the agricultural resource management survey. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 36, n. 3, p. 552-572, 2011.

XU, Y. *et al*. Integrated assessment of nitrogen runoff to the Gulf of Mexico. **Resource and Energy Economics**, v. 67, p. 101-279, 2022.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. *In*: BORGES, A. L. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: Embrapa, 2021, cap. 14, p. 263-303.

CAPÍTULO 6

INTERNET DAS COISAS E CONECTIVIDADE NO CAMPO[1,2]

Luis Claudio Kubota[3]
Mauricio Benedeti Rosa[4]

1 INTRODUÇÃO

A internet das coisas (IoT), termo utilizado pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton, pesquisador do Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Bertollo, Castillo e Busca, 2022), tem em comum entre suas definições a ideia de que a primeira versão da internet era sobre dados criados por pessoas, enquanto a versão seguinte seria sobre dados criados por coisas. Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015, p. 165) definiram a IoT como uma "rede aberta e abrangente de objetos inteligentes que possuem a capacidade de se auto-organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo diante de situações e mudanças no ambiente".

Ao contrário de tecnologias de informação e comunicação (TICs) de gerações anteriores, cuja implantação em grande parte era mais restrita ao ambiente corporativo, a tríade de tecnologias IoT, computação em nuvem e na borda e inteligência artificial (IA), é aplicável às mais variadas áreas da atividade humana. Pode, por exemplo, ser utilizada na segurança pública (monitoramento de imagens), na saúde (monitoramento remoto de pacientes), na infraestrutura (monitoramento de tubulações), entre outras áreas.

Entre potenciais ganhos de produtividade para a economia com a adoção da IoT, destaca-se a relevância do setor agropecuário. Segundo Gasques *et al.* (2022), o Brasil apresentou taxas de crescimento anuais da produtividade total dos

---

1. Partes deste capítulo foram publicadas na edição nº 71 do Boletim Radar, no livro *Eficiência produtiva: análise e proposições para aumentar a produtividade no Brasil* e no *Texto para Discussão Internet das coisas no Brasil: análise e recomendação de políticas com ênfase no agronegócio*.

2. Os autores agradecem as valiosas informações sobre internet das coisas (IoT) fornecidas por Guilherme Correa e Karina Vidal, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Alaercio Silva e Pedro Veillard, do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa); Dario Thober, do Centro de Pesquisas Avançadas Wernher von Braun; Bruno Sousa, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) de São Paulo; Júlio Martorano, da Trópico Telecomunicações; e Luis Lucinger, da Universidade de Brasília (UnB). Agradecem também os comentários de José Brandão e José Eustáquio Vieira Filho, ambos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Quaisquer erros e omissões são de responsabilidade dos autores.

3. Pesquisador e coordenador na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea; economista; especialista em economia da saúde; e mestre e doutor em administração.

4. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diset/Ipea; engenheiro de controle e automação; mestre em economia; e doutorando em economia.

fatores (PTF) quase duas vezes maiores que a média mundial entre os anos de 2000 e 2019 (tal como detalhado também no capítulo 1). Além disso, é um setor que representa algo em torno de um terço do PIB brasileiro, metade das exportações e um quinto do emprego nacional (Vieira Filho, 2022), e cujo crescimento está baseado, fundamentalmente, em tecnologia (Gasques *et al.*, 2022). Exemplos de outros setores para utilização da IoT envolvem as reduções: de perdas por extravio de carga,[5] de necessidade de internação hospitalar,[6] de desperdício devido a vazamentos de água ou gases,[7] entre inúmeros outros ganhos de eficiência. Com a realização dos leilões da quinta geração de comunicação móvel (5G) – que se caracteriza pela alta velocidade e baixa latência –, observa-se a possibilidade de ampla difusão da comunicação entre sensores e dispositivos.

É interessante notar como várias dessas tecnologias podem ser integradas. Phasinam *et al.* (2022) mostram um sistema de irrigação baseado em IoT e arquitetura de computação em nuvem no qual os dados são armazenados e analisados por meio de técnicas de aprendizado de máquina. Se o Brasil perdeu oportunidades em décadas anteriores no setor de eletroeletrônicos, existem oportunidades que permitem um maior otimismo no que diz respeito à IoT. Em primeiro lugar, o país possui um sistema setorial de inovação com capacidade para gerar e implementar as tecnologias necessárias – por exemplo, no agronegócio, conforme Vieira Filho (2022) e Vieira Filho e Fishlow (2017). O Brasil desenvolveu também um plano de IoT bem elaborado e com uma boa governança de acompanhamento. Finalmente, várias iniciativas de ordem mundial já são realidade.

Conforme examinado anteriormente, o escopo da IoT é bastante amplo. Tendo isso em vista, é interessante ressaltar que, tanto em termos de revisão quanto de proposições, há um foco das análises no agronegócio, o que sinaliza a importância desse setor de atividade econômica. O capítulo está organizado em cinco seções, incluindo esta breve introdução. A seção 2 traz uma caracterização da IoT no Brasil, composta de: i) análise bibliométrica; ii) apresentação do Plano Nacional de IoT; e iii) uma revisão de trabalhos sobre IoT e agronegócio. São detalhadas também políticas setoriais capazes de atender às necessidades relacionadas à oferta de tecnologias para a IoT. A seção 3 mostra casos de sucesso de implementação no Brasil relacionados ao agronegócio. A seção 4 apresenta propostas de políticas públicas. Por fim, vêm as considerações finais, na seção 5.

5. Disponível em: <https://www.fuseiot.io/blog/iot-contribui-para-o-aprimoramento-do-setor-de-logistica/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

6. Disponível em: <https://blogs.oracle.com/oracle-brasil/post/inteligencia-artificial-e-aprendizado-de-maquina-podem-evitar-o-infarto-e-o-avc-v2>. Acesso em: 26 jan. 2023.

7. Disponível em: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/pub/artigos_relatorios/Rafael-IoT_Aplicado_ao_Monitoramento_Inteligente_de_Distribuicao_de_Agua.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

2 INTERNET DAS COISAS NO BRASIL – CARACTERIZAÇÃO

Para caracterizar a IoT no Brasil, parte-se de uma concisa análise bibliométrica sobre o tema, para em seguida detalhar o seu respectivo plano nacional, as interseções com o agronegócio e as políticas de fomento à IoT no cenário doméstico.

2.1 Pesquisa bibliométrica

A análise bibliométrica permite descrever, avaliar e monitorar trabalhos publicados, além de introduzir um processo de revisão sistemático, transparente e passível de reprodutibilidade, ou seja, serve como orientação à determinação das obras mais influentes e ao mapeamento, sem viés subjetivo, do campo de pesquisa (Zupic e Čater, 2015). Com a crescente quantidade de trabalhos científicos publicados em muitas áreas de pesquisa, a análise bibliométrica se destaca por sua capacidade de fornecer resultados indicativos das principais tendências em cada campo (Bonilla, Merigó e Torres-Abad, 2015).

A caracterização da literatura envolvendo estudos sobre IoT no Brasil foi feita por meio de uma busca[8] na base de dados Scopus[9] pelos termos *internet of things e Brazil*. Como resultado, foram encontrados 179 artigos até o ano de 2022, dos quais quase 95% são escritos em inglês. A análise bibliométrica foi elaborada conforme ferramenta desenvolvida por Aria e Cuccurullo (2017), por meio do *software* RStudio. A tabela 1 destaca as principais informações.

TABELA 1
Principais informações da literatura sobre IoT no Brasil
(Em números absolutos)

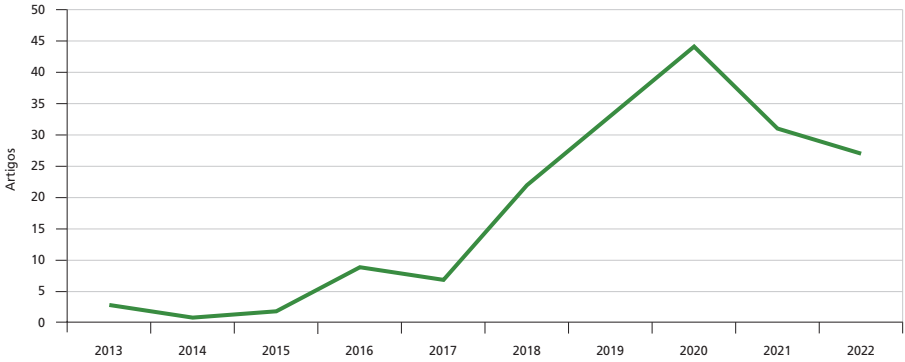
Descrição	Resultados
Horizonte temporal	2013; 2022
Fontes (periódicos, livros etc.)	140
Documentos	179
Referências	6.138
Autores	729
Tipos de documento	**Resultados**
Artigos	68
Livros	3
Capítulos de livro	7
Artigos de congresso	89
Revisões de congresso	8
Revisões	4

Fonte: Scopus.
Elaboração dos autores.
Obs.: Utilizou-se o *software* RStudio, desenvolvido pelo R Core Team. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

8. A busca das expressões é feita nos campos referentes a título, resumo e palavras-chave.
9. Disponível em: <https://www-scopus.ez87.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic#basic>. Acesso em: 7 dez. 2022.

De acordo com a tabela 1, as produções científicas que avaliaram a IoT tendo o Brasil como cenário iniciaram-se em 2013, foram escritas por mais de 700 autores e tiveram como principais meios de divulgação artigos de congresso, seguidos de artigos em periódicos. O gráfico 1 ilustra a evolução na quantidade de documentos publicados entre os anos de 2013 e 2022, a qual teve tendência de crescimento até 2020 e caiu nos anos de 2021 e 2022.

GRÁFICO 1
Produção científica anual (2013-2022)
(Em números absolutos)

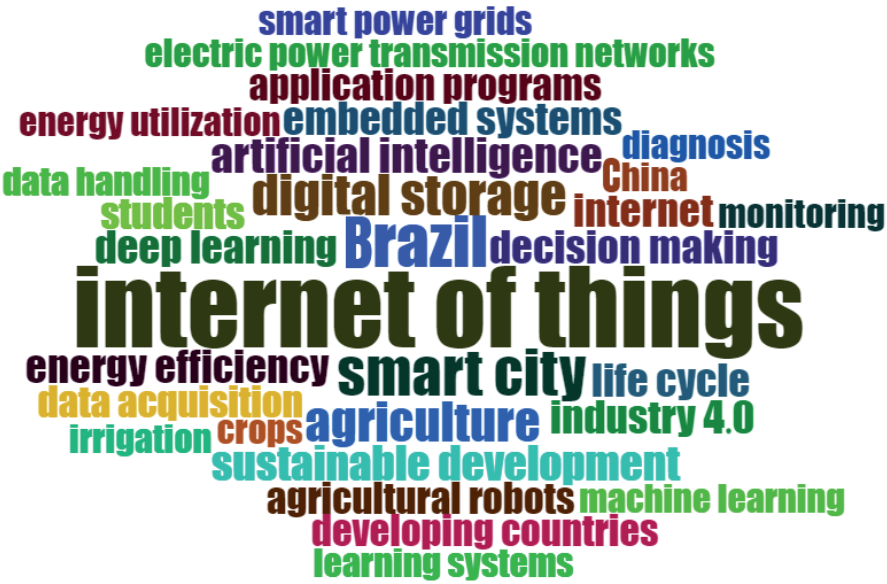


Fonte: Scopus.
Elaboração dos autores.
Obs.: Utilizou-se o *software* RStudio, desenvolvido pelo R Core Team. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

Com relação à autoria dos documentos dividida por países, o Brasil naturalmente se destacou como principal expoente, seguido dos Estados Unidos. No que se refere às universidades, as quatro principais quanto à afiliação dos autores foram Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Universidade Federal do ABC (UFABC).

A ferramenta de análise bibliométrica permite ainda a construção de uma nuvem de palavras – isto é, uma representação visual de dados textuais baseada na frequência decrescente de palavras nos textos analisados. As palavras em destaque ajudam a interpretar os dados e contribuem para a análise exploratória, além de divulgar informações subjacentes ao conjunto de dados (Kulevicz *et al.*, 2020). A figura 1 apresenta a nuvem de palavras referente à base de 179 documentos que discorrem sobre a IoT no cenário brasileiro.

FIGURA 1
Nuvem de palavras para a literatura de IoT no Brasil



Fonte: Scopus.
Elaboração dos autores.
Obs.: Utilizou-se o *software* RStudio, desenvolvido pelo R Core Team. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

A figura 1 é formada pelos trinta termos mais relevantes da base de dados. As palavras (ou conjunto de palavras) de maior destaque obviamente são aquelas que foram utilizadas no processo de busca, ou seja, *internet of things* e *Brazil*. Porém, entre as muitas outras que aparecem repetidamente nos diversos estudos, merecem destaque três delas, as quais dialogam diretamente com propostas verticais no Plano Nacional de IoT: i) *smart city*; ii) *agriculture*; e iii) *industry* 4.0. Ainda no âmbito do agronegócio, aparecem os termos *agricultural robots* (robôs agrícolas), *crops* (culturas) e *irrigation* (irrigação), realçando a relevância do setor no cenário nacional, bem como as potencialidades oferecidas pela utilização de novas tecnologias no campo.

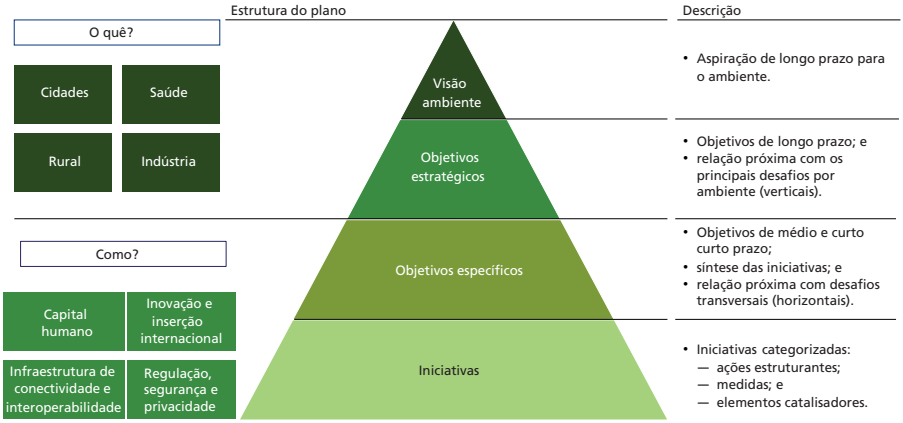
Não menos importante, vale salientar os termos referentes a tecnologias complementares à IoT, tais como *artificial intelligence* e *machine learning*. Ainda, são passíveis de destaque expressões do setor de energia, como: *energy efficiency*, *electric power transmission networks* e *smart power grids*, e a cada vez mais relevante questão da sustentabilidade, que também se relaciona com o agronegócio, exemplificada em *sustainable development*.

2.2 Plano Nacional de IoT

O desenvolvimento das bases para o Plano Nacional de IoT teve início no final de 2016 com a assinatura de um acordo de cooperação entre o então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), os quais avaliaram um conjunto de iniciativas em parceria com o consórcio formado pela consultoria McKinsey, pela fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) e pelo escritório Pereira Neto e Macedo Advogados, que conduziu um amplo estudo para realizar diagnóstico detalhado e propor políticas públicas no âmbito da IoT.[10]

O estudo foi composto de quatro fases, no período de janeiro de 2017 a fevereiro de 2018, e gerou um total de 28 documentos. O relatório final do estudo (BNDES, 2018) abordou as principais indicações para a construção do plano, dividindo-as entre estrutura, projetos mobilizadores e iniciativas. A figura 2 ilustra a estrutura do plano.

FIGURA 2
Estrutura sugerida para o Plano Nacional de IoT



Fonte: BNDES (2018).
Elaboração dos autores.

Com relação aos projetos mobilizadores, que têm relatórios dedicados com maior detalhamento, o BNDES (2018) caracterizou os ecossistemas de inovação como um ambiente fértil, propício para inovação, capaz de envolver "empresas com interesse para investir em pesquisa e desenvolvimento, *startups* de base

10. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/internet-das-coisas-estudo-repositorio>. Acesso em: 3 out. 2022.

tecnológica com produtos inovadores e centros de pesquisa acadêmica dispostos a trabalhar em soluções com alto potencial mercadológico" (BNDES, 2018, p. 84), enquanto os centros de competência seriam "áreas de especialização tecnológica essenciais para o desenvolvimento de IoT" (BNDES, 2018, p. 86). Por sua vez, o Observatório de IoT, uma espécie de epicentro virtual de informações relacionadas com IoT, abarcaria as funções de organização de informações e de transparência – por exemplo, "comunicar os mecanismos de apoio à empresa que demanda e que oferta soluções de IoT, seja por financiamento, cursos de capacitação ou parceria com instituições de ensino para pesquisa e desenvolvimento" (BNDES, 2018, p. 89) – e disponibilização de indicadores de esforço e de impacto, os quais refletem, respectivamente, o avanço das iniciativas e os resultados finais para a sociedade.

O estudo desenvolvido por MCTIC, BNDES e consórcio envolvendo consultoria McKinsey, fundação CPqD e escritório Pereira Neto e Macedo Advogados foi a base a partir da qual se estabeleceu o Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, que instituiu o Plano Nacional de IoT e dispôs sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e IoT, cujo art. 1º reforçava "a finalidade de implementar e desenvolver a IoT no país, com base na livre concorrência e na livre circulação de dados, observadas as diretrizes de segurança da informação e de proteção de dados pessoais" (Brasil, 2019a).

Segundo Brasil (2019a), são objetivos do Plano Nacional de IoT.

1) Melhorar a qualidade de vida das pessoas e promover ganhos de eficiência nos serviços, por meio da implementação de soluções de IoT.
2) Promover a capacitação profissional relacionada ao desenvolvimento de aplicações de IoT e a geração de empregos na economia digital.
3) Incrementar a produtividade e fomentar a competitividade das empresas brasileiras desenvolvedoras de IoT, por meio da promoção de um ecossistema de inovação no setor.
4) Buscar parcerias com os setores público e privado para a implementação da IoT.
5) Aumentar a integração do país no cenário internacional, por meio da participação em fóruns de padronização, da cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento e inovação e da internacionalização de soluções de IoT desenvolvidas no país.

Com relação às verticais, o plano confirmou os quatro ambientes propostos pelo estudo – isto é, saúde, cidades, indústrias e rural. Em 20 de outubro de 2020, o setor de turismo também foi incluído como uma vertical do Plano Nacional de

IoT por intermédio da criação da Câmara do Turismo 4.0.[11] Tal atribuição tornou esses ambientes uma referência para o acesso a mecanismos de fomento à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, bem como no apoio ao empreendedorismo de base tecnológica. As horizontais, por sua vez, foram estabelecidas pelo decreto em seis pilares: i) ciência, tecnologia e inovação; ii) inserção internacional; iii) educação e capacitação profissional; iv) infraestrutura de conectividade e interoperabilidade; v) regulação, segurança e privacidade; e vi) viabilidade econômica.[12] Ressalta-se que tais ações devem estar alinhadas com as ações estratégicas definidas na Estratégia Brasileira para a Transformação Digital.

Os projetos mobilizadores, sugeridos pelo estudo, também foram instituídos em Brasil (2019a), no art. 6º. Com o objetivo de facilitar a implementação do plano, ficaram sob a coordenação do MCTI: i) as plataformas de inovação em IoT; ii) os centros de competência para tecnologias habilitadoras em IoT; e iii) o Observatório Nacional para o Acompanhamento da Transformação Digital.

Para o assessoramento destinado a acompanhar a implementação do Plano Nacional de IoT, Brasil (2019a) definiu, em seu art. 7º, a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e IoT (Câmara IoT) com as seguintes competências: i) monitorar e avaliar as iniciativas de implementação do Plano Nacional de IoT; ii) promover e fomentar parcerias entre entidades públicas e privadas para o alcance dos objetivos do Plano Nacional de IoT; iii) discutir com os órgãos e entidades públicas os temas (horizontais) do plano de ação; iv) apoiar e propor projetos mobilizadores; e v) atuar conjuntamente com órgãos e entidades públicas para estimular o uso e o desenvolvimento de soluções de IoT. Ficou definido, ainda, que a Câmara IoT seria composta por representantes de cinco ministérios[13] e poderiam ser convidados representantes de associações e de entidades públicas e privadas para participar das reuniões.

No que concerne ao Observatório de IoT, Lacerda (2020), ao realizar uma análise *ex ante* do Plano Nacional de IoT, colocou que o Observatório Nacional para o Acompanhamento da Transformação Digital, lançado pelo MCTI em parceria com o Movimento Brasil Competitivo e o CPqD, na prática tomou proporção mais ampla "abarcando ferramentas para acompanhamento e monitoramento das

11. Disponível em: <https://www.gov.br/turismo/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/camara-do-turismo-4.0>. Acesso em: 4 out. 2022.

12. Quando as horizontais são comparadas às propostas pelo estudo que embasou o Plano Nacional de IoT – capital humano; inovação e inserção internacional; regulatório, segurança e privacidade; e infraestrutura de conectividade e interoperabilidade –, percebe-se que houve a reorganização de alguns itens, além da inclusão de outros – por exemplo, viabilidade econômica.

13. MCTIC, que a presidirá; Ministério da Economia (ME); Mapa; Ministério da Saúde; e Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).

ações de políticas públicas relacionadas à economia digital em geral em curso no país, entre as quais o Plano Nacional de IoT" (Lacerda, 2020, p. 82).[14]

Baseado no Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, as câmaras 4.0 (câmaras de IoT) começaram a ser implementadas, ainda em 2019, nos casos de indústria,[15] rural[16] e cidades,[17] e em 2020 para saúde[18] e turismo,[19] com estruturas baseadas na maioria das vezes em divisões por grupos de trabalho e na elaboração de um plano de ação. O quadro 1 detalha a data de formalização de cada uma das câmaras, bem como os respectivos grupos de trabalhos associados.

QUADRO 1
Câmaras 4.0: data de formalização e grupos de trabalho (GTs)

Câmara	Formalização	GT1	GT2	GT3	GT4
Indústria	Abril de 2019	Desenvolvimento tecnológico e inovação	Capital humano	Cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores	Regulação, normalização técnica e infraestrutura
Rural	Agosto de 2019	Desenvolvimento, tecnologia e inovação	Desenvolvimento profissional	Cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores	Conectividade no campo
Cidades	Dezembro de 2019	Desenvolvimento urbano e sustentável	Soluções e tecnologias para cidades inteligentes e sustentáveis	Infraestrutura de conectividades para cidades inteligentes e sustentáveis	-
Saúde	Janeiro de 2020	-	-	-	-
Turismo	Outubro de 2020	Qualificação e desenvolvimento de produtos com foco na Jornada do Turista 4.0	Desenvolvimento de destinos turísticos inteligentes	Soluções e tecnologias digitais para o turismo 4.0	-

Elaboração dos autores.

14. Criado para englobar indicadores de esforço e impacto, além de servir como instrumento de organização de informações e de transparência. À época da publicação, a autora já alertava que a última atualização havia sido em 2018. Atualmente, o endereço virtual visitado que consta em Lacerda (2020) não existe, reforçando a aparente descontinuidade de tal projeto mobilizador.

15. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-industria>. Acesso em: 5 out. 2022.

16. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-agro>. Acesso em: 5 out. 2022.

17. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-cidades>. Acesso em: 5 out. 2022.

18. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-saude>. Acesso em: 5 out. 2022.

19. Disponível em: <https://www.gov.br/turismo/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/camara-do-turismo-4.0>. Acesso em: 5 out. 2022.

As câmaras da indústria, da área rural e das cidades apresentam em seus endereços virtuais um conjunto maior de informações disposto em quatro seções:[20] i) governança; ii) plano de ação; iii) programas e iniciativas; e iv) repositório. A figura 3 ilustra o modelo de governança da Câmara do Agronegócio.

FIGURA 3
Modelo de governança da Câmara do Agronegócio 4.0

Fonte: Mapa. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-agro-governanca/>. Elaboração dos autores.

O plano de ação da Câmara do Agronegócio 4.0 (Brasil, 2021b) foi composto de sete seções. Após breve apresentação e contextualização, o documento estabeleceu a metodologia de elaboração do plano em quatro pilares, que foi da identificação de ações e iniciativas, indicação de instituições responsáveis e atores envolvidos até a estimativa quanto à necessidade de recursos financeiros. Em seguida, traçaram-se os principais desafios elencados pelos GTs da Câmara Agro 4.0, os quais serviram de base para a proposição de ações e iniciativas. Para cada um dos quatro grupos de trabalho, foram colocadas de duas a três ações capazes de auxiliar no enfrentamento dos desafios observados. Na seção seguinte, detalhou-se a implementação do plano de ação por meio de dois conjuntos de estratégias, quais sejam as estratégias de implementação e comunicação, e na sequência incluíram-se as considerações finais.

20. A Câmara da Indústria ainda apresenta uma seção chamada ProFuturo, a qual anexa um documento referente ao plano de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para manufatura avançada no Brasil, divulgado em dezembro de 2017. A Câmara das Cidades não apresenta um plano de ação, mas traz uma seção chamada Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, que oferece mais de 160 recomendações apoiadas em oito objetivos estratégicos.

No âmbito de programas e iniciativas da Câmara do Agronegócio, tem-se o Programa Agro 4.0[21] referente a uma iniciativa da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e parceiros, que visa a estimular e fomentar o uso de tecnologias 4.0 no agronegócio – por meio de editais, eventos, encontros, informações e demais ações focadas em aumento de eficiência, de produtividade e redução de custos, além do e-Campo,[22] uma plataforma de capacitações *online* da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

De forma complementar, a IoT é parte importante do ciclo 2022-2026 da Estratégia Brasileira de Transformação Digital (Brasil, 2022c), atualização prevista no Decreto nº 9.319/2018 (Brasil, 2018a) – documento que instituiu o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabeleceu a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital. Já nos objetivos específicos dos Eixos de Transformação Digital, colocou-se a promoção do desenvolvimento de soluções tecnológicas nas áreas prioritárias de saúde, agropecuária, indústria e cidades inteligentes, justamente as quatro verticais propostas pelo Plano Nacional de IoT – antes da inclusão do setor de turismo. Ainda, entre os objetivos envolvendo infraestrutura e acesso às TICs, destaca-se a expansão das redes de acesso em banda larga móvel e fixa, em áreas urbanas e rurais[23] – esta que segue à margem da ampla conectividade, para ampliar o acesso da população à internet e às tecnologias digitais.

Com relação à questão de conectividade em áreas rurais, coloca-se foco na utilização de recursos do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust) como ação estratégica para o quadriênio 2022-2026 – isto é, a viabilização "da aplicação de recursos do Fust na expansão do acesso à banda larga e na ampliação de seu uso, tanto em ambientes urbanos como em áreas rurais e remotas" (Brasil, 2022a, p. 21). A partir de resultados do quadriênio 2018-2022, confirmou-se a reformulação do Fust, bem como a edição da nova lei, a qual aguarda análise da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para regulamentar sua operacionalização.

2.3 IoT e agronegócio

No setor rural, segundo Seixas e Contini (2017), a IoT envolve serviços de tecnologias da informação e *software*, principalmente *big data* e ferramentas de gerenciamento de propriedades rurais.[24] Entre os exemplos de aplicabilidade da IoT, é

21. Disponível em: <http://agro40.abdi.com.br/>. Acesso em: 5 out. 2022.

22. Disponível em: <https://www.embrapa.br/e-campo>. Acesso em: 5 out. 2022.

23. Em 2021, ministros dos cinco países dos Brics decidiram cooperar em iniciativas de inclusão digital, com particular ênfase na expansão da conectividade em áreas rurais remotas (Brasil, 2022c).

24. Ronsom, Amaral e Vieira Filho (2021) observaram empiricamente fatores que levam a uma maior agilidade nas inovações no setor agropecuário por meio de estudo de caso na Embrapa.

possível relacioná-la ao monitoramento do solo, em termos de umidade e níveis de nutrientes, por meio da análise de produtividade em pequenas parcelas, bem como ao acompanhamento do crescimento e possíveis surtos de doenças em culturas. Ainda, há utilização na pecuária, na otimização de equipamentos agrícolas, além de usos mais personalizados e eficientes de insumos e mão de obra, com consequente aumento da produtividade e dos rendimentos do agronegócio.

Segundo a literatura, também são encontradas melhorias no controle fitossanitário das exportações por meio da implementação de sistemas de rastreamento por IoT (Nogueira, 2020) e na qualidade de controle de desempenho zootécnico animal, avaliação de processamento de alimentos e previsão de variáveis meteorológicas (Bertollo, Castillo e Busca, 2022).

Soares *et al*. (2021, p. 9) destacaram ainda que a ampliação da conectividade, por meio da geração de dados em maior escala e confiabilidade, além de permitir melhores tomadas de decisão aos produtores rurais,[25] pode proporcionar "ao governo formulação assertiva de novas políticas públicas, que poderão ser customizadas para determinadas regiões, resultando em eficiência e tempestividade das ações". De forma complementar, Vieira Filho, Gasques e Ronsom (2020) apontaram alguns indicadores, baseados nos dados do Censo Agropecuário, que podem acelerar ou retardar as inovações no contexto do agronegócio brasileiro, realçando a relevância do acesso à informação por meio, por exemplo, da internet.

O número crescente de *startups* fornecedoras de sistemas para o agronegócio ilustra o potencial da aplicação da IoT nesse setor. Seixas e Contini (2017) ressaltam os casos de Agrosmart[26] e Strider, que foi comprada pela Syngenta,[27] como exemplos da vitalidade do setor privado brasileiro, enquanto Soares *et al*. (2021) complementam os casos de sucesso envolvendo *startups* do setor agropecuário ao mencionar a Ecotrace, atuante na área de rastreabilidade de carne bovina, de aves e de algodão, a Agrorobótica, que trabalha com análise inteligente do solo, e a Gestão Integrada de Recebíveis do Agronegócio (Gira) na área de *fintechs*.

Alguns trabalhos buscaram caracterizar a relação entre IoT e agronegócio de acordo com publicações sobre o tema. Costa, Oliveira e Móta (2018) realizaram pesquisa exploratória no acervo de publicações da base de dados Scopus com o intuito de investigar o papel da IoT dentro das atividades agrícolas, em artigos

25. Barbosa e Martins (2021) sustentam que o conhecimento obtido com as análises de maiores quantidades de dados estará associado não somente ao processo produtivo agrícola, mas também auxiliarão nas tomadas de decisão das esferas relacionadas a financiamento, seguros, logística, *marketing*, entre outras áreas-chave do agronegócio. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

26. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

27. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/press-release/institucional/syngenta-conclui-aquisicao-da-strider#:~:text=A%20Syngenta%20anunciou%20hoje%20que,a%20Syngenta%20e%20a%20Strider>. Acesso em: 11 nov. 2022.

escritos em inglês entre 2012 e 2017. Com 21 trabalhos analisados, os autores destacaram a área de cadeia de suprimentos como tema frequente de análise e colocaram a IoT como ferramenta importante no gerenciamento das tomadas de decisão, além do monitoramento e da atuação na atividade agrícola. Como principais desafios, são elencados a necessidade de contínua evolução de tecnologias subjacentes, bem como questões de falta de conectividade no campo.

Em outra análise qualitativa por meio de pesquisa bibliográfica em artigos científicos, *sites* e notícias, Barbosa e Martins (2021) colocaram a IoT como determinante para a potencialização e expansão do agronegócio no Brasil e reafirmaram sua capacidade em auxiliar nas tomadas de decisão por meio da utilização de sensores e *drones* combinados com *big data* e inteligência artificial. Além disso, colocou-se a IoT como um fenômeno conduzido majoritariamente por *players* globais, mas cuja implementação regional depende ainda de fatores culturais, econômicos e institucionais.

Em análise mais abrangente, Nogueira (2020) objetivou avaliar as potencialidades quanto à utilização da IoT no agronegócio em termos de impactos econômicos e disponibilidade de políticas públicas. Ao analisar as aplicações no âmbito rural presentes no estudo que serviu de base para a elaboração do Plano Nacional de IoT, o autor constatou o "processo de criação de um novo sistema nacional de inovação para a aplicação de IoT no agronegócio por meio da articulação entre governo, instituições de ensino e pesquisa e empresas" (Nogueira, 2020, p. 44).

Entre as dificuldades associadas à implementação da IoT no campo, desponta como um dos principais desafios a questão da conectividade. Castillo e Bertollo (2022), ao avaliar a presença de redes de internet no território brasileiro e as possibilidades para o campo, argumentam que a efetiva colocação em prática da IoT na produção agrícola depende do acesso à internet e aos dispositivos populares, como os *smartphones*. Essas seriam "condições indispensáveis para que o produtor rural possa se beneficiar do uso da tecnologia da informação empregada no campo" (Castillo e Bertollo, 2022, p. 492).

Segundo Milanez *et al*. (2020), baseado na percepção de participantes de um *workshop* de dois dias realizado na sede do BNDES, com a presença de mais de cem participantes, entre os quais representantes dos usuários de tecnologia, fornecedores e instituições que atuam no setor, em todos os painéis[28] do evento, a ausência ou limitação de conectividade foi colocada como a principal barreira para a expansão do uso de IoT. Outros fatores relevantes apontados envolvem a dificuldade de percepção de valor quanto ao investimento necessário para adotar a IoT por parte dos produtores rurais, além da inexistência (ou percepção de

28. O *workshop* foi dividido em quatro painéis: i) proteína animal; ii) culturas anuais (grãos e algodão); iii) frutas, legumes e verduras; e iv) culturas de ciclo longo (cana-de-açúcar e silvicultura).

inexistência) de financiamento adequado para aquisição de serviços de IoT e da falta de incentivos relacionada ao desenvolvimento de tecnologias no setor.

De acordo com Milanez *et al*. (2020), dados do Censo Agropecuário de 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicaram que a cobertura de banda larga em áreas rurais é baixa.[29] Além disso, é preciso levar em conta que as demandas por conectividade variam a depender dos diversos atores, conforme exposto:

> embora recentemente haja grande movimento do setor agrícola mais tecnificado pelo uso de IoT nas diversas fases do processo produtivo, de armazenamento e de comercialização, há grande disparidade entre esse tipo de demanda e as do produtor rural sem ou com pouco acesso não só à internet como a serviços essenciais, como Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), saneamento básico, entre outros. Públicos diferentes carecem de estratégias diferentes no que diz respeito a políticas públicas que demandem conectividade no meio rural (Brasil, 2021a, p. 30).

Brasil (2021a) buscou identificar as áreas com ausência de cobertura de banda larga no território brasileiro para então propor alternativas de ampliação da conectividade no meio rural baseadas em estratégias regionalizadas e caracterização dos produtores rurais em diferentes perfis. O estudo gerou um mapa de orientação para gestão com soluções envolvendo investimentos privados, desenvolvimento de políticas públicas ou a combinação de ambas, a depender da região, de forma a possibilitar uma priorização territorial de ações. Por fim, estimou-se a quantidade de antenas necessárias para aumentar a conectividade no campo, incluindo a hierarquização das mais prioritárias em dois possíveis cenários. No primeiro, em que 4.400 torres já existentes passaram a ter antenas de tecnologia 4G instaladas, os resultados indicaram aumento de quase 25% de cobertura nas áreas com necessidade de conexão, enquanto, no segundo cenário, envolvendo novas instalações, com 15.182 novas antenas, atingiu-se a cobertura praticamente total do território rural com necessidade de conexão.

Uma análise alternativa da utilização de IoT no campo foi desenvolvida por Bertollo, Castillo e Busca (2022), os quais consideraram que seu uso e difusão são social e territorialmente muito seletivos, de tal forma que duas variáveis combinadas dão uma dimensão dessa seletividade socioespacial. São elas: o agronegócio globalizado (produtor de *commodities* prioritariamente voltadas à exportação, concentrador de terra e de renda e controlado por grandes empresas de comercialização e agroindústrias) e o meio técnico-científico e informacional (com presença assegurada pelo Estado e pelas grandes empresas nos lugares com maior potencial competitivo). Quando interconectadas, essas variáveis gerariam

29. Apesar disso, a cobertura vem sendo ampliada, por exemplo, entre os censos de 2006 e 2017, e, como toda a economia, cresceu durante e após a pandemia de covid-19.

as condições ideais para a proliferação das tecnologias da informação no campo. Ademais, colocou-se a condição das infraestruturas, efetivadas pelas antenas de telefonia móvel e cabos de fibra ótica, como importantes para explicar o crescimento da IoT no campo.

Ainda conforme Bertollo, Castillo e Busca (2022), as principais dificuldades para capilarizar a IoT no campo são a disparidade de renda dos produtores em distintas partes do território, a gigantesca concentração fundiária e a distribuição desigual das infraestruturas que promovem a acessibilidade à internet.[30] Entre as soluções propostas pelos autores estão a instalação de estações rádio base (ERBs) em locais selecionados, custeadas pelos próprios produtores e/ou pelo Estado, o uso de internet via satélite e a utilização de plataformas como a Airband.[31] De forma complementar, os autores colocaram a importância da atuação de agentes públicos e instituições de pesquisa para prover conexão à internet por meio de apoio técnico a pequenos produtores – por exemplo, com o uso de plataformas abertas e assessoria – e ressaltaram o papel crescente dos provedores regionais para capilarizar a conexão à internet no campo ao atender, sobretudo, demandas de pequenos produtores rurais da agricultura familiar e assentamentos.

No contexto da agricultura familiar no Brasil, Pinto e Freitas (2021) buscaram avaliar a aplicabilidade da IoT a tal realidade. Segundo os autores, a IoT pode oferecer avanços que envolvem melhor eficiência na utilização de insumos, redução de custos, sustentabilidade, além de segurança alimentar e proteção ambiental. Embora ressaltem a existência de problemas relacionados à durabilidade de dispositivos e a questões de interoperabilidade, concluem que há possibilidade de transformação, por meio do uso da IoT, da "agricultura familiar em uma agricultura inteligente e sustentável em razão da economia de recursos naturais e possibilidade de existência de menos externalidades negativas" (Pinto e Freitas, 2021, p. 699).

Entretanto, Bertollo, Castillo e Busca (2022) argumentaram que a "incorporação da IoT no campo brasileiro estabelece um novo padrão de competitividade para os agentes hegemônicos e para as regiões produtivas mais especializadas, desvalorizando, portanto as porções do território ocupadas pela agricultura familiar".

30. Mais informações sobre estudos sobre a heterogeneidade estrutural do agronegócio disponíveis em Vieira Filho, (2013); Vieira Filho, Santos e Fornazier (2013).

31. Essas plataformas são capazes de capilarizar a conectividade onde a internet não chega, por meio dos canais vazios de televisão, os chamados *TV white spaces*.

Nesse sentido, colocaram como fundamental que "porções do território brasileiro onde predomina a agricultura familiar sejam contempladas com a expansão da informacionalização do campo, preferencialmente por políticas públicas nas diversas escalas de governo".

Um exemplo de atuação do governo federal para levar conectividade a assentamentos e localidades remotas com vocação para o agro é a iniciativa hub Comunidades Rurais Conectadas, uma parceria do Mapa com o MCTI e governos estaduais. Por meio da conexão via satélite, a primeira fase do programa objetivou conectar 166 comunidades rurais, que incluem assentamentos, escolas e áreas rurais remotas e privilegiam regiões com demandas de desenvolvimento regional para o agro. Os pontos estão distribuídos em 134 municípios de dez estados, prioritariamente das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.[32] A conectividade em "áreas rurais isoladas promove inclusão social e estimula o cooperativismo, ampliando não somente informações que possam beneficiar essas comunidades, mas também as possibilidades de assistência técnica e extensão rural" (Brasil, 2022d).

2.4 Políticas de fomento

A Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991 (Lei de Informática) (Brasil, 1991), a Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019b), e o Decreto nº 10.356, de 20 de maio de 2020 (Brasil, 2020), são os principais instrumentos legais que tratam de investimentos de empresas em pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de TICs no Brasil.[33] A primeira nasceu com uma proposta claramente protecionista, mas já foi adaptada para atender aos princípios da Organização Mundial do Comércio (OMC), após reclamações de países-membros junto ao órgão.

Em síntese, empresas que exerçam atividades de desenvolvimento ou produção de bens de TICs que atendem à Lei de Informática e ao Decreto nº 10.356 fazem jus a créditos financeiros. Esse arcabouço jurídico propiciou o desenvolvimento de diversos institutos de pesquisa de TICs, notadamente na região de Campinas (São Paulo), mas também em outras regiões, como Santa Rita do Sapucaí (Minas Gerais), Florianópolis (Santa Catarina) e Recife (Pernambuco).

Além da legislação e de instituições especializadas no tema de TICs, o setor conta também com as organizações que fomentam pesquisa e inovação em sentido mais amplo: a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o BNDES e

32. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/governo-inaugura-hub-da-iniciativa-comunidades-rurais-conectadas-em-ms/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

33. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/lei-de-tics>. Acesso em: 16 out. 2022.

as instituições do Sistema S: o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), além das federações e confederações da indústria, a Embrapa, a ABDI e, mais recentemente, a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii).

Como forma de incentivar o desenvolvimento e a adoção da IoT no cenário nacional, diversas instituições oferecem linhas de financiamento, suporte técnico, entre outros. Essa seção abordará em mais detalhes algumas dessas oportunidades.

2.4.1 Políticas de fomento do lado da demanda

O BNDES Crédito Serviços 4.0[34] é um financiamento para contratação de serviços tecnológicos, credenciados pelo BNDES e associados à otimização da produção, à viabilização de projetos de manufatura avançada e à implantação de soluções de cidades inteligentes e similares. A IoT representa uma das categorias definidas como serviços tecnológicos, ao lado de, por exemplo, digitalização, manufatura avançada, entre outros. Esse crédito do BNDES pode ser solicitado, conforme lista de fornecedores e serviços já credenciados junto ao BNDES, por três tipos de atores, quais sejam empresas sediadas no país, administração pública e produtores rurais. Com relação às características do financiamento, o BNDES pode ter participação de até 100% do investimento, com prazo total de dez anos, incluindo carência de até dois anos.

2.4.2 Políticas de fomento do lado da oferta

A Finep e o MCTI lançaram em 2020 o primeiro edital[35] na temática de tecnologias 4.0, ou seja, visando ao fomento e à seleção de projetos de inovação nas temáticas agronegócio 4.0, cidades inteligentes, indústria 4.0 e saúde 4.0, por meio da concessão de recursos de subvenção econômica para o desenvolvimento de produtos, processos e/ou serviços inovadores dentro do escopo das respectivas linhas temáticas e tecnologias habilitadoras. O montante disponibilizado de recursos não reembolsáveis do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) totalizou R$ 50 milhões, sendo R$ 45 milhões divididos igualmente entre as áreas de agronegócio 4.0, indústria 4.0 e saúde 4.0, e R$ 5 milhões para a área de cidades inteligentes.

Fernandes, Barros e Hamatsu (2020) buscaram caracterizar e avaliar, por meio da supramencionada Seleção Pública Tecnologias 4.0 da Finep e do MCTI, a demanda para o apoio à inovação nas empresas brasileiras, com ênfase no agronegócio 4.0. De maneira geral, os autores ressaltaram que muitos projetos foram bem avaliados em todas as linhas temáticas, porém não receberam subvenção

34. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/vanityurl/bndes-credito-servicos-4.0>. Acesso em: 6 out. 2022.
35. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/643>. Acesso em: 6 out. 2022.

dado o limite disponível, o que aponta para a necessidade de continuidade do fomento à inovação no segmento 4.0. Os autores ainda avaliaram a relação entre o tamanho das empresas e o número de projetos submetidos e valores solicitados. As micro e pequenas empresas foram responsáveis por 57,8% do montante solicitado e 74,1% dos projetos enviados, respectivamente, enquanto os mesmos percentuais para empresas médias foram de 23,7% e 15,2%, respectivamente e, para empresas grandes, de 18,5% e 10,7%. Ainda, as principais tecnologias habilitadoras autodeclaradas pelas empresas foram inteligência artificial, computação em nuvem e IoT, e a região Sudeste destacou-se como maior demandante de recursos e quantidade de projetos, respectivamente 50,2% e 48,0% do total, liderada pelo estado de São Paulo. Não menos importante, com relação às linhas temáticas, as maiores quantidades de projetos submetidos, e também escolhidos para receber financiamento, foram da indústria 4.0, seguido de agronegócio 4.0, saúde 4.0 e cidades inteligentes.

3 CASOS DE SUCESSO

O *country of origin effect*, ou efeito do país de origem, é um conceito que pode ser definido como a influência que a origem do país que manufatura, monta ou desenha um bem tem na percepção positiva ou negativa daquele produto. O Brasil, além de produzir bens de alta tecnologia, como os aviões da Embraer, e explorar petróleo em condições extremamente adversas, o que requer tecnologias extremamente sofisticadas, baseou-se em ciência e tecnologia, conforme apontado por (Vieira Filho e Fishlow, 2017), para a construção institucional da qual dependeu a dinâmica revolucionária observada na agricultura tropical. Segundo os autores, a mudança tecnológica no setor agropecuário brasileiro está associada à complexidade das trajetórias de inovação ao longo da cadeia produtiva.

Esta seção tem o objetivo de ilustrar que há motivos para otimismo, ou seja, o país tem condições não só de implementar as tecnologias de IoT, mas até mesmo de desenvolvê-las em classe mundial. São exemplos de ganhos de produtividade para a economia.

O CPqD, com apoio da Finep e do BNDES, criaram o projeto AgroTICs, que desenvolveu uma rede móvel privada e de banda larga específica para áreas remotas e participou do desenvolvimento de uma rede móvel privada para o grupo São Martinho. A solução desenvolvida pelo CPqD é composta de uma ERB e de terminais veiculares adaptados aos requisitos operacionais das usinas de cana.

A empresa possui um Centro de Operações Agrícolas, no qual todos os dados do campo são controlados em tempo real. Por meio da utilização de inteligência artificial, processos e o desempenho dos equipamentos são otimizados, e potenciais pragas são detectadas (São Martinho, 2020).

Outro exemplo foi o desenvolvimento – pelo Centro de Pesquisas Avançadas Wernher von Braun – da *tag* de ultra-alta frequência utilizada por milhões de veículos nos pedágios brasileiros, bem como dos sensores para identificar, rastrear e autenticar bens produzidos no Brasil.[36] Tal solução dialoga diretamente com o agronegócio, que sofre com a baixa eficiência e os gargalos da infraestrutura logística, a qual ganhou importância com a ocupação pela agropecuária do Centro-Oeste e áreas da região Norte a partir da década de 1960 (Garcia e Vieira Filho, 2021).

A solução do instituto foi a primeira do mundo a utilizar criptografia avançada, e a instituição participou de modo decisivo na redação da norma internacional sobre o assunto (ISO 29167/10).

Um modelo de negócios de mobilidade como serviço permite o comissionamento de equipamentos de rede já disponíveis e viabiliza o rastreamento de ativos e cargas em veículos em rodovias no Centro-Sul e litoral do país, de modo já compatível com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018). Esse tipo de tecnologia representa um potencial de reduzir o elevado sobrepreço no valor dos produtos, em função do alto risco do roubo de carga no país, que representou valores superiores a R$ 1 bilhão em 2021, de acordo com levantamentos do setor.[37]

4 PROPOSTAS DE POLÍTICAS

4.1 Regulação

A comunicação maciça do tipo máquina (mMTC) (Hong, Ryu e Lee, 2021) – ou IoT massivo – pode ser viabilizada com as novas especificações de rádio de 5G. Ela será viabilizada com o uso de dispositivos com baterias de longa duração, podendo comportar a ordem de grandeza de milhões de dispositivos em 1 km².

Nesse contexto, há dois aspectos de extrema relevância a serem considerados. O primeiro é a falta de adequação regulatória à realidade da economia digital. O contexto de 16 de julho de 1997, quando foi promulgada a Lei nº 9.472 (Brasil, 1997), que criou a Anatel, é completamente diferente da atual. Os serviços de telecomunicações *stricto sensu* são cada vez menos relevantes, ao passo que os serviços de internet e dados são de prima importância. Trata-se de fato reconhecido pela própria agência.[38] Um novo arcabouço regulatório e definição de competências e responsabilidades deve ser analisado pelo mais alto escalão do governo federal, para

36. Disponível em: <https://www.thetechnologyheadlines.com/magazine/subscription/web/shared/Dariofhdfe4695/>.

37. Disponível em: <https://www.portalntc.org.br/ntclogistica-divulga-pesquisa-do-roubo-de-cargas-2021/#:~:text=Confira%20aqui%20a,Compartilhe%20isso%3A>. Acesso em: 17 out. 2022.

38. Disponível em: <https://www.convergenciadigital.com.br/Telecom/Anatel-articula-propostas-ao-proximo-governo-sobre-regulacao-da-internet-61432.html?UserActiveTemplate=mobile>. Acesso em: 17 out. 2022.

submissão de proposta ao Congresso Nacional. Importante lembrar que a LGPD (Brasil, 2018b) versa exclusivamente sobre o tratamento de dados pessoais.

4.2 Formação e contratação de talentos[39]

Segundo várias organizações setoriais, existe uma falta expressiva de profissionais qualificados de TICs no Brasil. A análise desenvolvida pelos autores, com base em dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), indica que o salário dos programadores teve valorização acima da inflação no período de 2010 a 2020, o que parece confirmar a demanda acima da oferta nesse mercado.

Várias empresas têm promovido cursos de formação. Algumas têm se queixado que profissionais brasileiros têm sido contratados – virtual ou presencialmente – por empresas estrangeiras. Nesse quesito, deve-se avaliar a facilitação da contratação de profissionais latino-americanos que sejam capazes de compreender o idioma português e em países onde o câmbio seja favorável para a contratação. Deve-se também desenvolver programas para aumentar a formação e a contratação de profissionais do sexo feminino, que são minoria no setor.

Em prazo mais longo, existem programas bem estruturados de identificação de talentos de raciocínio lógico-quantitativo em tenras idades no Brasil: as Olimpíadas do Conhecimento, em particular a Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (Obmep),[40] a Olimpíada Brasileira de Informática[41] e a recém-lançada Olimpíada Brasileira de Chip.[42] A Obmep promove um programa de iniciação científica (o PIC Jr.), oferecido a todos vencedores de medalhas no certame. Uma bolsa de R$ 100 e aulas são oferecidas aos alunos. Programa semelhante voltado para as TICs poderia ser oferecido aos medalhistas da Obmep e da Olimpíada Brasileira de Informática, desenvolvendo competências para futuros profissionais que utilizarão tais conhecimentos em suas trajetórias profissionais, no próprio setor de TICs ou em outros setores.

Deve-se incentivar também na educação básica – especialmente com a oportunidade dada pelos itinerários formativos da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do ensino médio[43] – o ensino baseado em metodologias ativas e o desenvolvimento de espaços *maker*.[44]

---

39. O Ipea está desenvolvendo uma pesquisa sobre trajetórias ocupacionais de profissionais de tecnologia da informação (TI).
40. Disponível em: <http://www.obmep.org.br/>. Acesso em: 25 jan. 2023.
41. Disponível em: <https://olimpiada.ic.unicamp.br/>. Acesso em: 25 jan. 2023.
42. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JiAWF8npWM4>. Acesso em: 26 jan. 2023.
43. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2023.
44. Há um interessante programa para desenvolvimento de espaços *maker* paulistas, disponível em: <https://makerspaceiot.febrace.org.br/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

4.3 Fomento à demanda

Embora o Brasil possua um robusto sistema setorial de inovação, com a oferta de um grande leque de programas de apoio à produção tecnológica, é de pleno conhecimento, no que diz respeito à inovação de produtos ou processos para o mercado no Brasil, que os indicadores não são favoráveis, especialmente com relação às empresas médias e pequenas (ABDI, 2019).

Nesse contexto, a expansão da adoção da IoT no cenário nacional vai depender em grande medida da atuação das organizações setoriais do próprio setor privado, mas o governo federal pode criar um portal de divulgação de boas iniciativas. Um excelente exemplo a ser considerado é o do Internet of Food and Farm 2020, da União Europeia.[45] O portal apresenta diferentes casos de aplicação de IoT no campo, como o monitoramento analítico da criação de suínos e aves, rastreabilidade de alimentos e otimização da tomada de decisão na cadeia de suprimentos de bovinos, viabilizando também o contato com as equipes desenvolvedoras da solução.

É importante notar dois pontos nesse quesito. Existe uma dificuldade técnica, em função de vários aspectos que devem ser considerados na implantação de projetos de IoT: o *hardware* (dispositivos), a conectividade, a interoperabilidade, a rede, a segurança da informação, muitas vezes com a necessidade de atuação das chamadas integradoras. Ou seja, deve-se ampliar a ênfase na inovação de processos, quando historicamente as políticas privilegiaram a inovação de produtos.

O segundo ponto a ressaltar é que metodologias usualmente propostas para estimular a adoção da IoT pressupõem uma evolução em etapas. Ou seja, primeiro é necessário efetuar o trabalho de base, de análise da estratégia, dos produtos, para depois se escalarem os projetos tecnológicos. É importante que os fornecedores de soluções desenvolvam diferentes modelos de negócio, propiciando a escolha entre maior gasto de capital ou de custeio, de modo a atender às necessidades dos clientes.

4.4 Conectividade no campo

A falta de conectividade no campo[46] obviamente é um obstáculo à expansão das tecnologias de IoT no agro brasileiro. Mesmo no estado de São Paulo, o mais rico do país, trata-se de uma realidade que deve ser tratada com atenção. Uma alternativa promissora capaz de acelerar a mudança desse cenário refere-se à

45. Disponível em: <https://www.iof2020.eu/>. Acesso em: 1 fev. 2023.

46. De acordo com Vieira Filho, Gasques e Ronsom (2020), dados do Censo Agropecuário apontaram que apenas 12,1% dos estabelecimentos rurais, aproximadamente 615 mil, tinham acesso à internet em 2017.

utilização de recursos do Fust para ampliação da cobertura no campo.[47] Conforme Brasil (2022a), que regulamentou a Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000 (Brasil, 2000), a qual instituiu o Fust, um dos objetivos para os quais passam a destinar-se os recursos do fundo contempla a inovação tecnológica de serviços de telecomunicações no meio rural. Tal iniciativa tem apoio político[48] e do meio empresarial – por exemplo, Associação ConectarAgro –,[49] além de estar sendo discutida e fomentada por fóruns e grupos de trabalho da Câmara Agro 4.0. Ainda, é importante que os recursos do Fust não sejam contingenciados.

Está aguardando regulamentação[50] a Lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022 (Brasil, 2022b), que cria a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão. O texto prevê uma série de medidas que pode beneficiar a introdução das tecnologias de IoT no campo, tais como: a criação de redes de pesquisa direcionadas ao acesso dos pequenos e médios proprietários à agricultura e pecuária de precisão; a criação de instrumentos de financiamento; o estímulo a investimentos que permitam a cobertura de internet nas áreas rurais do país.[51]

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os desafios que cercam a popularização da IoT no Brasil, o principal deles contempla a necessidade de que a adoção não seja restrita a casos de sucesso, mas que ganhe escala e seja uma realidade difundida em diversos setores. Nesse contexto, merece destaque o agronegócio, setor que representa algo em torno de um terço do PIB brasileiro, metade das exportações e um quinto do emprego nacional (Vieira Filho, 2022), e cujo crescimento está baseado, fundamentalmente, em tecnologia (Gasques *et al.*, 2022). O objetivo deste trabalho, portanto, envolveu caracterizar a utilização de IoT no agronegócio brasileiro por meio de diferentes análises, além de fazer o levantamento de casos de sucesso, para então propor políticas públicas.

Com relação à caracterização do cenário nacional de IoT, partiu-se inicialmente de uma análise bibliométrica que contemplou 179 documentos entre os anos de 2013 e 2022, com o intuito de fornecer resultados indicativos das principais tendências desse campo. Em seguida, detalharam-se o Plano Nacional de Internet das Coisas e a Câmara do Agronegócio 4.0. Ainda, foi feita uma revisão de

47. Disponível em: <https://www.telesintese.com.br/ministerio-da-agricultura-pretende-atrair-conectividade-por-meio-de-beneficio-fiscal/>. Acesso em: 26 out. 2022.

48. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/896973-deputado-quer-garantir-aplicacao-de-recursos-do-fust-para-conectar-meio-rural/>. Acesso em: 26 out. 2022.

49. Disponível em: <https://teletime.com.br/06/05/2022/conectaragro-quer-toda-area-agricola-do-brasil-coberta-em-seis-anos/>. Acesso em: 26 out. 2022.

50. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/especial/lei-amplia-acesso-%C3%A0-agricultura-de-precis%C3%A3o-para-pequenas-e-m%C3%A9dias-propriedades-rurais-do-brasil-1.975281>. Acesso em: 25 jan. 2023.

51. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140314>. Acesso em: 26 out. 2022.

literatura com foco na aplicação de IoT no agronegócio – a qual realça o potencial da utilização das tecnologias no campo e detalha os principais desafios para a efetiva implementação –, bem como um levantamento de políticas de fomento aplicáveis à IoT no Brasil, tanto do lado da demanda quanto da oferta. Por fim, foram discutidos casos de sucesso e propostas de políticas públicas passíveis de influenciar positivamente a utilização de IoT no agronegócio.

Em suma, o Brasil já demonstrou ser capaz de atingir altos níveis de produtividade no campo, mas precisa ser capaz de superar barreiras como a da falta de conectividade no meio rural para conseguir popularizar a tecnologia na maior parte de tais estabelecimentos, e assim manter o agronegócio como um dos principais pilares da economia brasileira.

REFERÊNCIAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Sondagem de inovação**: estudos e pesquisas para subsidiar a elaboração de políticas e projetos relacionados ao desenvolvimento produtivo e à inovação industrial no Brasil, assim como para o desenvolvimento de ações de fomento ao desenvolvimento tecnológico e regional. Brasília: ABDI; FGV Projetos, 2019. Disponível em: <https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Sondagem_Inovacao_3_Trim_2019.pdf>.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, nov. 2017.

BARBOSA, R. A. P.; MARTINS, A. V. S. Agribusiness and the Internet of Things: challenges and opportunities. **Technology Sciences**, v. 3, n. 1, p. 12-19, 2021.

BERTOLLO, M.; CASTILLO, R. A.; BUSCA, M. D. Internet das coisas (IoT) e novas dinâmicas da produção agrícola no campo brasileiro. **Confins**: Revista Franco-Brasileira de Geografia, n. 56, 2022.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produto 9a**: relatório final do estudo. Rio de Janeiro: BNDES, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinternetdascoisas/fase3_9a_relatorio-final-do-estudo.pdf>. Acesso em: 4 out. 2022.

BONILLA, C. A.; MERIGÓ, J. M.; TORRES-ABAD, C. Economics in Latin America: a bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 105, n. 2, p. 1239-1252, 2015.

BRASIL. Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991. Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 out. 1991. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8248.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9472.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000. Institui o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 ago. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9998.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Decreto nº 9.319, de 21 de março de 2018. Institui o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabelece a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 mar. 2018a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9319.htm>. Acesso em: 1 dez. 2022.

_____. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 ago. 2018b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jun. 2019a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm>. Acesso em: 4 out. 2022.

_____. Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019. Dispõe sobre a política industrial para o setor de tecnologias da informação e comunicação e para o setor de semicondutores e altera a Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007, a Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991, a Lei nº 10.637, de 30 de dezembro de 2002, e a Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 dez. 2019b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13969.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Decreto nº 10.356, de 20 de maio de 2020. Dispõe sobre a política industrial para o setor de tecnologias da informação e comunicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 maio 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10356.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023

_____. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Cenários e perspectivas da conectividade para o agro**. Brasília: Mapa, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/conectividade-rural/livro/view>. Acesso em: 26 out. 2022.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0**: 2021-2024. Brasília: MCTI; Mapa, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivoscamaraagro/ca_plano-de-acao-2021-2024_26-04-2021.pdf>. Acesso em: 5 out. 2022.

_____. Decreto nº 11.004, de 21 de março de 2022. Regulamenta a Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000, que institui o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 mar. 2022a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11004.htm>. Acesso em: 25 out. 2022.

_____. Lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022. Institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão para ampliação da eficiência na aplicação de recursos e insumos de produção, de forma a diminuir o desperdício, reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade e a lucratividade, bem como garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 dez. 2022b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14475.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital)**: ciclo 2022-2026. Brasília: CGEE; MCTI, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosestrategiadigital/e-digital_ciclo_2022-2026.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

_____. Ministério do Abastecimento, Pecuária e Agricultura. **Programa Comunidades Rurais Conectadas**. Brasília: Mapa, 2022d. (Seção de página eletrônica). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agrohub-brasil/produtores-rurais/internet-no-campo-1/internet-no-campo>. Acesso em: 30 nov. 2022.

CASTILLO, R.; BERTOLLO, M. Mobilidade geográfica como direito social: uma discussão sobre o acesso à internet no campo brasileiro. **Revista da Anpege**, v. 18, n. 36, 2022.

COSTA, C. L.; OLIVEIRA, L.; MÓTA, L. M. S. Internet das coisas (IOT): um estudo exploratório em agronegócios. *In*: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 6., 2018, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Anais**... Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3oNo0M3>. Acesso em: 11 nov. 2022.

FERNANDES, A. do N. M.; BARROS, M. A. da C.; HAMATSU, N. K. Trend of Technologies 4.0 in Brazil – what does the demand about the Public Selection MCTI/FINEP/FNDCT Grant to Innovation 04/2020 tell us? **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, 2020.

GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A nova geografia da agropecuária brasileira e os desafios logísticos. **Confins**: Revista Franco-Brasileira de Geografia, n. 50, 2021.

GASQUES, J. G. *et al*. **Produtividade total dos fatores na agricultura**: Brasil e países selecionados. Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2764).

HONG, E. K.; RYU, J. M.; LEE, E. J. H. **Entering the 5G Era**: lessons from Korea. Washington, DC: World Bank, jun. 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35780>. Acesso em: 25 jan. 2023.

KULEVICZ, R. A. *et al*. Influence of sustainability reports on social and environmental issues: bibliometric analysis and the word cloud approach. **Environmental Reviews**, v. 28, n. 4, p. 380-386, dez. 2020.

LACERDA, F. **Análise ex ante do Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT)**: ambiente cidades inteligentes. Brasília: Instituto Serzedello Corrêa, dez. 2020. (Texto para Discussão, n. 003). Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881E76619C76017671D15FA3442E>. Acesso em: 7 out. 2022.

MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S. Internet of Things (IoT): a literature review. **Journal of Computer and Communications**, v. 3, n. 5, p. 164-173, 2015.

MILANEZ, A. Y. *et al*. Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. **BNDES Setorial**, v. 26, n. 52, p. 7-43, 2020. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20180/1/PR_Conectividade%20rural_BD.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2022.

NOGUEIRA, A. C. L. Internet das coisas no agronegócio: fundamentos e políticas. **Boletim Informações FIPE**, n. 475, p. 39-44, 2020.

PHASINAM, K. *et al*. Application of IoT and Cloud Computing in Automation of Agriculture Irrigation. **Journal of Food Quality**, v. 2022, p. 1-8, jan. 2022.

PINTO, N. D. F.; FREITAS, V. P. de. Histórico e importância da agricultura familiar no Brasil: contexto legal e a aplicabilidade da internet das coisas. **Revista Jurídica Cesumar** – Mestrado, v. 21, n. 3, p. 687-703, dez. 2021.

RONSOM, S.; AMARAL, D. C.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Identifying critical factors for agility in innovation ecosystems: an exploratory study in the agriculture sector. **Product Management and Development**, v. 19, n. 2, 2021.

SÃO MARTINHO. **Relatório anual e de sustentabilidade**: safra 2019/2020. Pradópolis: São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.saomartinho.com.br/Download.aspx?Arquivo=pfvuAA7Y9+cJ2N7rhlMTfw==&IdCanal=E/5CI5hbGiTfjZ7mhu2y5w==>. Acesso em: 16 out. 2020.

SEIXAS, M. A.; CONTINI, E. **Internet das coisas (IoT)**: inovação para o agronegócio. Brasília: Embrapa, nov. 2017. (Diálogos Estratégicos). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1094005/1/Internetdascoisas1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SOARES, C. O. *et al*. **Perspectivas para o agronegócio brasileiro**: inovação e tecnologias digitais amplificando a voz do campo. Rio de Janeiro: PUC Rio, jul. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3Vg4a8o>. Acesso em: 4 nov. 2022.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidad estructural de la agricultura familiar en el Brasil. **Revista CEPAL**, n. 111, p. 103-121, dez. 2013.

_____. **O desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa**. Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2748).

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; RONSOM, S. Inovação e expansão agropecuária brasileira. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos de censo agropecuário. Brasília: Ipea: 2020, p. 121-134.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SANTOS, G. R. dos; FORNAZIER, A. **Distribuição produtiva e tecnológica da agricultura brasileira e sua heterogeneidade estrutural**. Brasília: Ipea, 2013. (Texto para Discussão, n. 54).

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, jul. 2015.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

KUBOTA, L. C.; LINS, L. M. Novas tecnologias e inovação em empresas. **Panorama Setorial da Internet**, v. 3, p. 1-10, set. 2022.

CAPÍTULO 7

INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA DO ARCO NORTE: CARACTERÍSTICAS, GARGALOS E PROPOSTAS

Valquíria Cardoso Caldeira[1]
Elisangela Pereira Lopes[2]
José Garcia Gasques[3]

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores e exportadores agrícolas, principalmente no mercado de grãos. Na safra 2021-2022, o país produziu 271,6 milhões de toneladas de grãos, conforme mostram as séries históricas produzidas pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab),[4] dos quais 48,3% tiveram como destino o mercado externo, tornando o país o segundo maior agroexportador do mundo (CNA, 2023).

Soja e milho são as culturas de maior representatividade na produção nacional de grãos. A quantidade produzida de soja e milho – que na safra 1991-1992 somava 50,2 milhões de toneladas – passou para 238,4 milhões de toneladas na safra 2021-2022. O crescimento da produção desses grãos se deveu não apenas ao aumento da área cultivada, de 23,6 milhões para 63,1 milhões de hectares no período em questão, mas também ao expressivo incremento da produtividade. A produtividade do milho na safra 1991-1992 era de 2,2 t/ha, enquanto a da soja era de 2,0 t/ha. Na safra 2021-2022, esses valores passaram para 5,2 t/ha e 3,0 t/ha, respectivamente, conforme registrado pela Conab. É importante reforçar que o aumento da produtividade diminui a pressão do consumo de recursos naturais (Vieira Filho, 2016); quando um hectare de terra é capaz de produzir mais, verifica-se o fenômeno denominado de efeito poupa-floresta (Vieira Filho, 2022).

1. Pesquisadora do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <caldeira.c.valquiria@gmail.com>.

2. Assessora técnica da Comissão Nacional de Infraestrutura e Logística da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). *E-mail*: <elislopesdf@gmail.com>.

3. Engenheiro-agrônomo; doutor em economia; e técnico de planejamento e pesquisa do Ipea. É coordenador-geral de políticas públicas na Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa). *E-mail*: <jose.gasques@agro.gov.br>.

4. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras#grãos-2>.

O uso intensivo de conhecimento, aliado à tecnologia, constitui elemento indutor da expansão da produção de grãos e da pecuária. Entretanto, o cenário muda quando se observam as novas fronteiras agrícolas. A expansão agropecuária no Centro-Oeste, no Norte e no Matopiba,[5] objeto desta pesquisa, enfrenta problemas para o seu desenvolvimento e melhor aproveitamento. A localização distante dos centros fornecedores tem gerado obstáculos à competitividade dos produtos. Aqui entra em cena um dos maiores gargalos: a deficiência de infraestrutura de serviços e de logística (o capítulo 6 exemplifica a importância da IoT, que será fundamental na infraestrutura de conectividade nas regiões mais remotas do país).

Segundo a CNT (2015), os problemas logísticos do Brasil para o escoamento da produção de grãos estão associados à carência e à má qualidade da infraestrutura; à inadequada distribuição dos modos de transporte; à falta de incentivo para a intermodalidade ou multimodalidade; e à concentração geográfica das estruturas disponíveis, que leva à saturação da capacidade de escoamento de determinadas regiões. Como resultado, as vantagens observadas nos aspectos produtivos são suprimidas pelos custos derivados da ineficiência logística do país. Essa situação, agravada pela crise econômica enfrentada pelo Brasil, conduz a investigação, que tem como objetivo realizar um diagnóstico da infraestrutura de acesso ao sistema portuário do Arco Norte, que atende às regiões de novas fronteiras agrícolas, a fim de identificar os gargalos que limitam sua participação no total movimentado de grãos e indicar ações em logística e infraestrutura que contribuam para a reversão desse quadro.

O trabalho está subdividido em cinco seções, incluindo esta breve introdução. A segunda seção descreve as novas fronteiras agrícolas e a importância do sistema portuário do Arco Norte para a região. A terceira seção apresenta a infraestrutura de acesso aos portos do Arco Norte. A quarta seção discorre sobre ações prioritárias em logística e infraestrutura para o escoamento dos produtos agropecuários das novas fronteiras agrícolas ao sistema portuário do Arco Norte. A quinta seção traz as considerações finais.

2 NOVAS FRONTEIRAS AGRÍCOLAS E A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA PORTUÁRIO DO ARCO NORTE

O processo de transformação da agropecuária, no período entre 1960 e 1980, impulsionado por estratégias de modernização agrícola, resultou no crescimento expressivo do setor. Tal crescimento foi resultado do processo de inovação institucional induzida, em que entidades públicas – tais como a Empresa Brasileira de

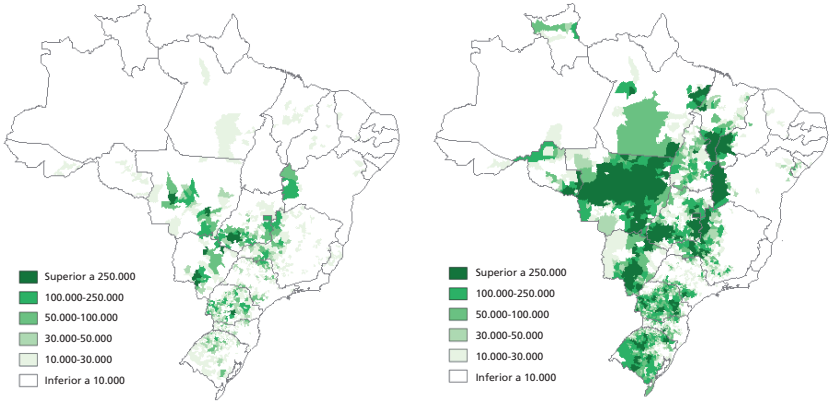
5. O Matopiba é a região que compreende os estados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia, representando a última fronteira agrícola em expansão no Brasil. Ao todo, essa região contém 337 municípios e uma área de 73 milhões de hectares, dos quais 38% pertencem ao Tocantins.

Pesquisa Agropecuária (Embrapa), institutos estaduais de pesquisa e universidades – e agentes privados tiveram participação preponderante (Vieira Filho e Fishlow, 2017). O desenvolvimento da ciência e tecnologia proporcionou o desenvolvimento da agricultura e da pecuária em regiões antes consideradas inadequadas para tais atividades. Considera-se, ainda, como importante indutor desse desempenho, a disponibilidade de programas de crédito rural subsidiados, aliada à elevação dos gastos em extensão rural e pesquisa, à maior abertura ao comércio internacional e à prioridade ao setor de insumos modernos.

Desde então, o setor agropecuário brasileiro tem alcançado números recordes, especialmente nas novas fronteiras agrícolas. A ênfase é para a região Centro-Norte – aqui entendida como a junção das macrorregiões Norte e Centro-Oeste –, maior produtora de grãos, e para o Matopiba. Segundo o Mapa (Brasil, 2018a), tais áreas são planas e extensas, de solos potencialmente produtivos, e com disponibilidade de água e clima adequado, tornando-se propícias para a agricultura moderna. A figura 1 mostra o avanço da área plantada de soja e milho de 1991 a 2021.

FIGURA 1
Brasil: avanço da fronteira agrícola de soja e milho – áreas com produção acima de 10 mil toneladas (1991 e 2021)

1A – 1991 1B – 2021



Fonte: IBGE (2021).

Na safra 1991-1992, o Centro-Oeste produziu 11,9 milhões de toneladas de soja e milho (23,7% do total nacional), e o Matopiba, apenas 1,4 milhão (2,9%). Na safra 2021-2022, o Centro-Oeste aumentou a produção para 132,0 milhões de toneladas (55,4%) e o Matopiba, para 28,6 milhões de toneladas (12,0%). Como é possível observar na tabela 1, o estado do Mato Grosso se destaca, com a produção de 83,1 milhões de toneladas na safra 2021-2022, representando 35,0% do total da produção nacional. Destaque também deve ser dado ao estado de Rondônia, que passou de uma produção de 264,3 mil toneladas para 2,9 milhões

de toneladas entre as safras 1991-1992 e 2021-2022, respectivamente. De modo semelhante, o estado do Pará passou de 212,4 mil toneladas para 3,6 milhões de toneladas entre as mesmas safras (tabela 1).

TABELA 1
Brasil: produção de soja e milho, por Grandes Regiões e Unidades da Federação (UFs) (1991-2022)
(Em 1 mil toneladas)

Grande Região/UF	Safras			
	1991-1992	2001-2002	2011-2012	2021-2022
Norte	661,3	1.224,1	3.824,6	13.035,6
Roraima	5,0	42,6	23,4	375,0
Rondônia	264,3	267,6	915,9	2.993,7
Acre	61,3	51,2	100,3	178,6
Amazonas	6,8	16,3	36,0	37,3
Amapá	0,0	1,5	2,1	18,4
Pará	212,4	458,3	916,4	3.675,8
Tocantins	111,5	386,6	1.830,5	5.756,8
Nordeste	1.739,0	4.150,5	10.460,3	24.595,1
Maranhão	262,5	865,4	2.382,2	6.480,0
Piauí	77,3	174,8	2.050,3	5.764,0
Ceará	183,2	622,6	73,9	521,0
Rio Grande do Norte	35,1	69,6	2,6	25,4
Paraíba	54,0	74,4	4,2	74,4
Pernambuco	33,7	78,7	24,1	131,3
Alagoas	44,0	37,8	22,4	59,3
Sergipe	31,8	48,2	543,7	883,1
Bahia	1.017,4	2.179,0	5.356,9	10.656,6
Centro-Oeste	11.901,2	27.484,0	66.021,1	132.057,3
Mato Grosso	4.290,6	13.836,5	37.459,4	83.110,3
Mato Grosso do Sul	2.798,7	4.624,2	11.204,7	21.114,2
Goiás	4.631,9	8.773,8	16.827,4	27.134,5
Distrito Federal	180,0	249,5	529,6	698,3
Sudeste	10.227,8	12.346,8	17.456,3	23.826,3
Minas Gerais	4.905,8	6.714,6	10.866,1	15.273,1
Espírito Santo	282,0	138,1	76,5	39,6
Rio de Janeiro	57,7	26,9	14,9	7,2
São Paulo	4.982,3	5.467,2	6.498,8	8.506,4
Sul	25.660,5	31.978,3	41.600,2	44.867,9
Paraná	10.757,8	18.841,2	27.699,0	28.671,9
Santa Catarina	3.744,5	3.652,4	4.031,9	4.184,2
Rio Grande do Sul	11.158,2	9.484,7	9.869,3	12.011,8
Brasil	**50.189,8**	**77.183,7**	**139.362,5**	**238.382,2**

Fonte: Conab. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras#grãos-2>.

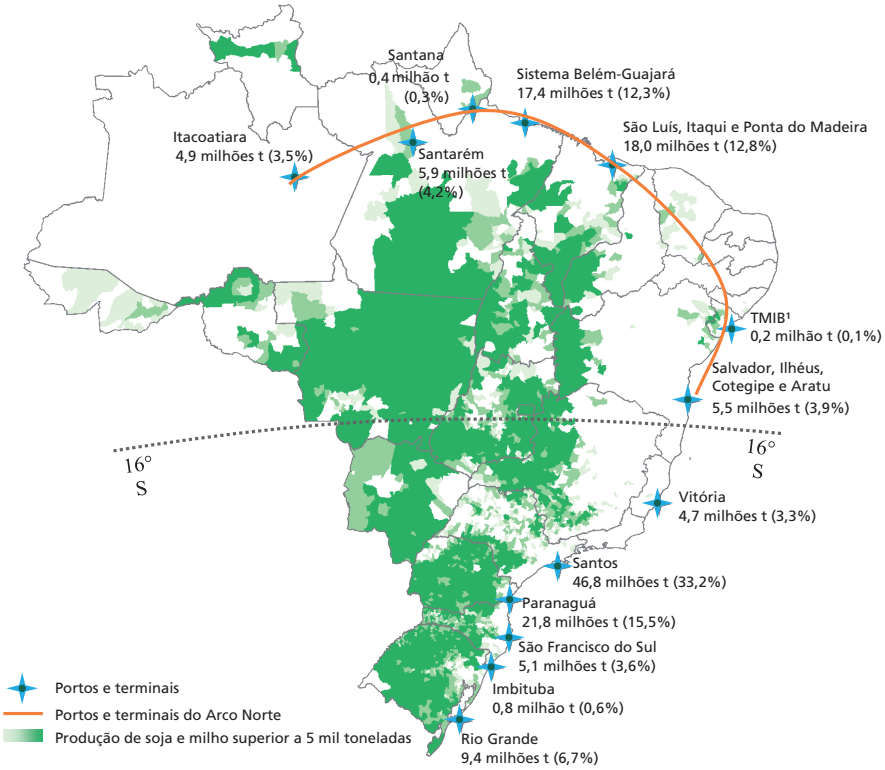
As regiões de novas fronteiras agrícolas são ainda mais impactadas pelas deficiências logísticas, com a produção tendo que percorrer grandes distâncias das fazendas até o mercado consumidor, predominantemente pelo modo rodoviário. Isto aumenta substancialmente os custos médios de transporte, uma vez que o principal fator que influencia o custo do transporte é a distância percorrida da origem – a propriedade rural ou o armazém – ao destino – o terminal portuário (CNT, 2015). Para as *commodities* agrícolas, os modos hidroviários e ferroviários são os mais apropriados para o transporte, devido à capacidade de deslocar grandes volumes consumindo pouco combustível, o que reduziria os impactos ao meio ambiente (Brasil, 2017).

Os portos brasileiros podem ser classificados como pertencentes ao Arco Sul, quando situados nas regiões Sul e Sudeste do país, e ao Arco Norte, quando localizados nas regiões Norte e Nordeste. Segundo Lopes (2021), o termo Arco Norte "nada mais é que o resultado da junção dos pontos de localização dos portos ou terminais portuários de cargas, especialmente de grãos, instalados nos estados de Rondônia, Amazonas, Amapá, Pará, Maranhão e Bahia".

O Arco Norte atende à região produtiva situada na linha imaginária que atravessa o território brasileiro e divide o mapa do Brasil em duas partes, isto é, no paralelo 16º Sul, passando próximo às cidades de Ilhéus (Bahia), Brasília (Distrito Federal) e Cuiabá (Mato Grosso). O paralelo 16º Sul, de acordo com estudos realizados pela CNA, corresponde ao ponto de inflexão onde a produção nele situada poderia escolher escoar seus produtos pelos portos do Norte, do Nordeste, do Sudeste e do Sul, a custos praticamente similares (Lopes, 2021). O método é empregado para determinar o melhor destino portuário (Arco Norte ou Arco Sul) de produtos agropecuários, considerando-se a distância dos municípios e a infraestrutura de transportes disponível em corredores de comércio e de exportação.

Lopes (2021) afirma que, acima da linha do paralelo 16º Sul, a preferência para a exportação deve ser dada aos terminais instalados no Arco Norte, resultando em redução do tempo de trânsito (*transit time*) e, consequentemente, em menores custos de transportes. A figura 2 ilustra o conceito de Arco Norte e apresenta a divisão das regiões produtoras segundo o paralelo 16º Sul, dispondo dos dados de exportação do complexo de soja e milho, em 2022.

FIGURA 2
Brasil: soja e milho – mancha da produção e volume de exportação por porto ou terminal (2022)



Fonte: CNA (2023).
Elaboração dos autores.
Nota: [1] TMIB – Terminal Marítimo Inácio Barbosa, também conhecido como porto da Barra dos Coqueiros ou porto de Sergipe.

TABELA 2
Brasil: produção e exportação de soja e milho, por sistema portuário (2008-2009 e 2021-2022)
(Em milhões de toneladas)

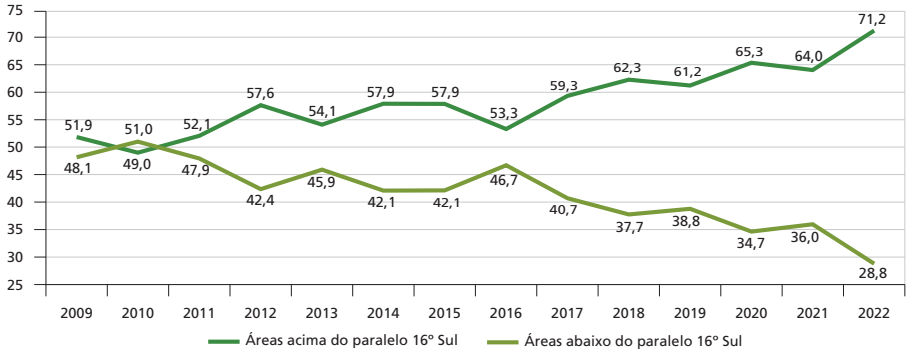
Safra	Produção			Exportação		
		Localização			Sistema portuário	
	Brasil	Acima do paralelo 16º Sul	Abaixo do paralelo 16º Sul	**Brasil**	Arco Norte	Arco Sul
2008-2009 (A)	**108,0**	56,0	52,0	**43,4**	7,2	36,2
2021-2022 (B)	**238,6**	169,9	68,7	**140,9**	52,3	88,6
Variação (B - A)	**130,6**	113,9	16,7	**97,5**	45,1	52,4

Fonte: CNA (2023).
Elaboração dos autores.

Em termos de produção total de grãos de soja e milho, observa-se que, entre 2008-2009 e 2021-2022, a colheita mais que dobrou, passando de 108,0 milhões de toneladas para 238,6 milhões de toneladas (tabela 2). Na safra de 2008-2009, a produção de soja e milho resultante das áreas situadas abaixo e acima do paralelo 16º Sul era bastante próxima: 56 milhões de toneladas nas porções acima do paralelo 16º Sul e 52 milhões de toneladas nas porções abaixo do paralelo 16º. Na safra de soja e milho de 2021-2022, confirma-se o protagonismo das regiões de novas fronteiras agrícolas, uma vez que essas produziram 169,9 milhões de toneladas, equivalentes a 71,2% do total nacional. O crescimento da produção acima do paralelo 16º Sul foi de 8,9% ao ano (a.a.), ultrapassando a taxa registrada no Brasil (6,3% a.a.). Por sua vez, as regiões situadas abaixo da linha do paralelo 16º Sul responderam pela produção de 68,7 milhões de toneladas, ou 28,8% do total nacional.

Enquanto na safra de 2021-2022 a produção acima do paralelo 16º Sul mais que triplicou em relação à safra 2008-2009, atingindo 169,9 milhões de toneladas, abaixo do paralelo 16º Sul houve acréscimo de somente 16,7 milhões de toneladas (tabela 2). O gráfico 1 permite visualizar o histórico da produção, evidenciando a distância cada vez maior entre as colheitas das áreas acima e abaixo do paralelo 16º Sul.

GRÁFICO 1
Brasil: evolução da produção de soja e milho, por área (2009-2022)
(Em % do total nacional)



Fonte: CNA (2023).
Elaboração dos autores.

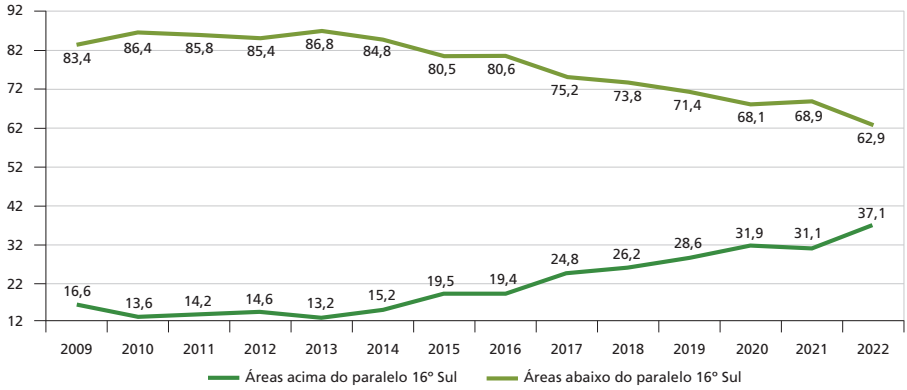
O ano de 2011 marca o período em que a produção nas novas fronteiras, situadas acima do paralelo 16º Sul, inicia a tendência de crescimento, distanciando-se das unidades produtoras localizadas abaixo do paralelo 16º Sul. Isto é uma evidência da necessidade de investimentos em infraestrutura – portuária, rodoviária, ferroviária e hidroviária –, de maneira a atender à crescente demanda de escoamento.

É importante destacar que quase metade da produção de soja e milho do Brasil (47,7%) é destinada ao mercado externo, e tem como principais destinos os mercados asiáticos.[6] A quantidade exportada de soja e milho pelo Brasil passou de 43,4 milhões de toneladas em 2009 para 140,9 milhões em 2022 (CNA, 2023). Esse aumento da exportação requer capacidade logística para transportar os produtos da porteira ao porto.

Quando se trata de exportação, boa parte ainda é predominantemente escoada pelo Arco Sul (88,6 milhões de toneladas, ou 62,9%). Na análise dos dados na linha do tempo, observa-se que as movimentações nos portos das regiões Sul e Sudeste encontram-se em declínio. Nesses portos, entre 2009 e 2022 houve incremento na exportação do complexo de soja e milho (52,4 milhões de toneladas a mais); entretanto, em termos percentuais, a participação nas exportações brasileiras reduziu-se de 83,4% para 62,9%.

Por sua vez, no Arco Norte, o total movimentado do complexo de soja e milho em 2022 foi de 52,3 milhões de toneladas (37,1% do total nacional). Em 2009, tal exportação era de apenas 7,2 milhões de toneladas. A comparação entre 2009 e 2022 apresenta crescimento de 628,4%. No gráfico 2, é possível visualizar a transferência de parte da parcela total das exportações do complexo de soja e milho dos portos do Arco Sul para os portos do Arco Norte. Com a taxa de crescimento de 16,5% a.a. (2009-2022), espera-se que os portos do Arco Norte alcancem, nos próximos dez anos, movimentação bem próxima à dos portos do Arco Sul (7,1% a.a. de crescimento médio).

GRÁFICO 2
Brasil: evolução da exportação de soja e milho, por área (2009-2022)
(Em % do total nacional)



Fonte: CNA (2023).
Elaboração dos autores

6. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

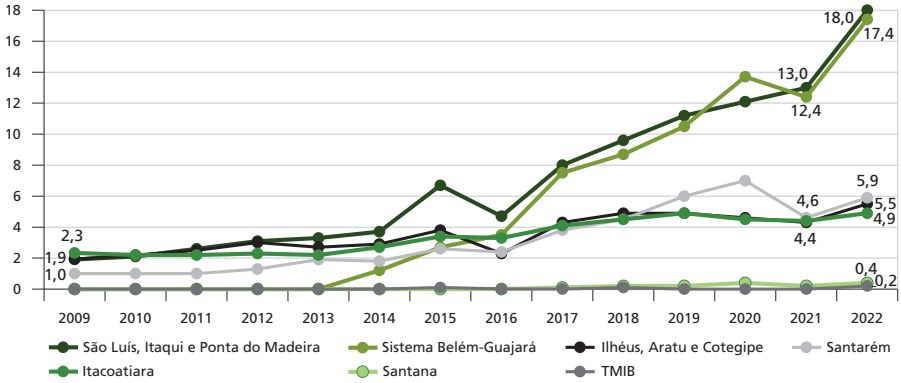
O gráfico 2 deixa claro que a cada ano os terminais que atendem às novas fronteiras agrícolas respondem por uma parcela maior do mercado. Mesmo assim, a capacidade disponível no Arco Norte ainda não é suficiente para atender à demanda da região, motivo pelo qual os portos do Arco Sul ainda respondem pela parcela maior dos grãos destinados ao mercado internacional. Nos gráficos 3 e 4, verifica-se o desempenho dos sistemas portuários, do Arco Norte e do Arco Sul, separadamente.

Todavia, é importante tecer considerações para o melhor entendimento do comportamento dos dados apresentados, inclusive o aumento expressivo da capacidade de exportar grãos pelos portos do Arco Norte. Tanto no gráfico 3 como no gráfico 4, verifica-se uma estagnação nas exportações do complexo de soja e milho desde 2009. No entanto, a partir de 2014, alguns fatores contribuíram para alavancar as movimentações portuárias. Entre os principais, há de se destacar o advento da Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, também conhecida como Lei dos Portos ou Lei de Modernização dos Portos.

O referido regulamento dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias. Como inovação, permitiu que a iniciativa privada pudesse instalar, por sua própria conta e risco, os chamados terminais de uso privado (TUPs), e também as estações de transbordo de cargas (ETCs), com a finalidade de movimentar cargas próprias e prestar serviços de armazenagem. A participação da iniciativa privada no setor portuário passou a ter um novo enfoque econômico, trazendo incentivos e buscando cada vez mais a produtividade e a participação dos empresários. Essa afirmação se comprova nas informações divulgadas pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq), segundo a qual após a promulgação da Lei dos Portos foram autorizadas 92 instalações portuárias – entre TUPs, ETCs e instalações portuárias públicas de pequeno porte (IP4) – nas regiões atendidas pelo complexo portuário do Arco Norte (Lopes, 2021).

Com os dados do gráfico 3, obtém-se o somatório de 41,3 milhões de toneladas do complexo de soja e milho dos terminais de Santarém, no Pará, com 5,9 milhões de toneladas; do sistema Belém-Guajará, também no Pará, com 17,4 milhões de toneladas; e do sistema São Luís, Itaqui e Ponta do Madeira, no Maranhão, com 18,0 milhões de toneladas, representando 79,0% das exportações realizadas pelo Arco Norte. Há de se considerar, ainda, o sistema portuário de Ilhéus, Aratu e Cotegipe, na Bahia, que atende à produção da região oeste do estado, especialmente os municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães. Por esses terminais, foram escoados 5,5 milhões de toneladas em 2022, ou 10,5% do total do Arco Norte, o que representa mais que o dobro do movimentado em 2009, isto é, 1,9 milhão de toneladas de soja e milho.

GRÁFICO 3
Evolução da exportação de soja e milho pelos portos do Arco Norte (2009-2022)
(Em 1 milhão de toneladas)

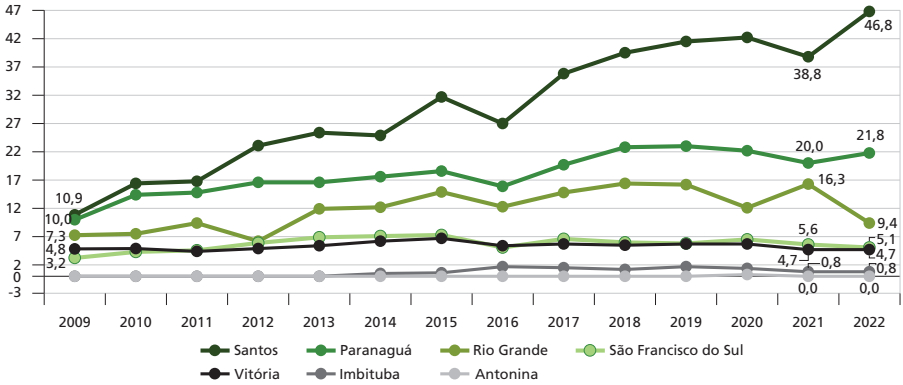


Fonte: CNA (2023).
Elaboração dos autores.

Um exemplo das contribuições trazidas pela Lei dos Portos foi o início da operação no complexo de portos de Belém. Em 2014, registrou-se a exportação de 1,2 milhão de toneladas de soja e milho, enquanto em 2022 foram movimentados 17,4 milhões de toneladas de grãos. Outro desempenho digno de nota é o do sistema maranhense São Luís, Itaqui e Ponta do Madeira, que exportou 18,0 milhões de toneladas em 2022. Destaque para dois terminais responsáveis pela movimentação de grãos no porto de Itaqui: Terminal Portuário de São Luís (TPSL) e Terminal de Grãos do Maranhão (Tegram), que juntos somaram 16,2 milhões de toneladas, ou 90,0% do total de transporte de grãos daquele porto.

É possível notar, no gráfico 4, a evolução das movimentações no porto de Santos, ampliadas em mais de quatro vezes de 2009 a 2022. Em 2014, naquele porto, foi adotado o sistema de agendamento de caminhões, que permitiu evitar filas e congestionamento nas áreas portuárias, proporcionando a otimização do tempo de atendimento nos terminais. Ademais, outras medidas foram implantadas pelas autoridades portuárias das regiões Sul e Sudeste que contribuíram para o aprimoramento da eficiência operacional, a saber: ampliação dos terminais; reorganização espacial dos terminais por tipo de carga; adoção de novas tecnologias e equipamentos (balanças, *scanners*); melhoria dos acessos marítimos, por meio da realização de dragagens, e dos acessos terrestres, por meio da construção ou da manutenção de autoestradas e linhas férreas; além da adesão às medidas de desburocratização, como o sistema Porto sem Papel, do governo federal.

GRÁFICO 4
Evolução da exportação de soja e milho pelos portos do Arco Sul (2009-2022)
(Em 1 milhão de toneladas)



Fonte: CNA (2023).
Elaboração dos autores.

Os portos com maior representatividade foram os de Santos, em São Paulo, com 46,8 milhões de toneladas, ou 33,2% do total do Arco Sul; Paranaguá, no Paraná, com 21,8 milhões de toneladas (15,5%); e Rio Grande, no Rio Grande do Sul, com 9,4 milhões de toneladas (6,7%). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que ainda existe uma deficiência na infraestrutura de transporte entre as zonas de produção e os portos do Arco Norte, induzindo a que parcela importante da produção de novas fronteiras tenha de ser destinada aos portos do Arco Sul. Outro fator importante se deve à quase inexistência de frete de retorno no Arco Norte. Os portos do Sul e do Sudeste recebem cerca de 80% das importações de fertilizantes.[7] A inexistência de carga de retorno aumenta os custos logísticos, já que os transportadores cobram pelo serviço o equivalente ao custo total da viagem de ida e de volta.

A mudança na logística de grãos é urgente, visto que a produção e a exportação devem continuar crescendo nos próximos anos. As projeções para a safra 2031-2032 são de uma produção de 329,2 milhões de toneladas de soja e milho, o que representa um acréscimo de 37,8% sobre a safra de 2021-2022. Por sua vez, as exportações devem apresentar acréscimo de 41,4% no mesmo período (Brasil, 2022). É fundamental que se invista no aumento da oferta de sistemas portuários e na melhoria dos acessos ao Arco Norte, para evitar que produtos como *commodities* percorram milhares de quilômetros das unidades produtoras aos portos. A seção seguinte apresenta a caracterização dos principais corredores de comércio e exportação das regiões de novas fronteiras agrícolas, bem como a sugestão de intervenções para atender à demanda de escoamento prevista para as próximas décadas.

7. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

3 INFRAESTRUTURA DE ACESSO AO ARCO NORTE PARA ESCOAMENTO DE GRÃOS

A área em apreço compreende os eixos de movimentação de soja e milho definidos de acordo com o estudo dos corredores logísticos estratégicos do complexo do Ministério do Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA), que são: i) eixo Madeira; ii) eixo Tapajós; iii) eixo Tocantins; iv) eixo São Luís; e v) eixo Salvador (Brasil, 2017). A figura 3 ilustra a infraestrutura da movimentação dos grãos.

FIGURA 3
Infraestrutura logística dos grãos (2022)

Elaboração dos autores.

A infraestrutura disponível no Arco Norte se concentra em rodovias. O modo ferroviário é composto pelo tramo norte da Ferrovia Norte-Sul (FNS) e pela ferrovia Estrada de Ferro Carajás (EFC). O sistema aquaviário é composto pelos rios Madeira, Amazonas e Tapajós. Os principais complexos portuários do Arco Norte são: Itacoatiara (Amazonas), Santana (Amapá), Santarém, Belém-Guajará, São Luís e Salvador.

3.1 Eixo Madeira

O eixo Madeira tem como foco atender à produção da região oeste do Mato Grosso e do estado de Rondônia. Esse corredor logístico é formado pelo rio Madeira e pelo rio Amazonas, que se conectam aos portos de Porto Velho (Rondônia), Itacoatiara, Santarém, Belém e Santana. O acesso a Porto Velho é feito principalmente pelo modo rodoviário, utilizando-se das rodovias BR-364, BR-174 e BR-070. O corredor hidroviário Madeira-Amazonas é navegável o ano inteiro, havendo restrições à navegação somente na época da seca. Ainda assim, existe a necessidade de intervenções, com obras de dragagem, derrocamento, balizamento e sinalização.

3.2 Eixo Tapajós

O eixo Tapajós compreende a rodovia BR-163 e as hidrovias dos rios Tapajós e Amazonas. A BR-163 conecta a região produtiva do Centro-Oeste aos portos de Santarém, Belém e Santana. O porto de Santarém pode ser acessado pelo modo rodoviário, ou pela junção do rodoviário e do hidroviário, passando pela estação de transbordo[8] de Miritituba (Pará) e seguindo pelo rio Tapajós. A estação de transbordo de Miritituba também conecta a BR-163 aos portos de Belém e Santana por meio dos rios Tapajós e Amazonas.

O projeto de ferrovia da Ferrogrão tem como objetivo melhorar o escoamento da produção agrícola do Centro-Oeste, conectando a cidade de Lucas do Rio Verde, no Mato Grosso, com Miritituba.

O rio Tapajós também necessita de melhorias de sinalização e balizamento, bem como de obras de dragagem e derrocamento.

3.3 Eixo Tocantins

O eixo Tocantins é composto pelo tramo norte da FNS, que conecta Porto Nacional, no Tocantins, com Açailândia, no Maranhão. Como esta ferrovia não tem saída para portos, o acesso ao porto de São Luís é realizado pela interconexão da FNS com a EFC. O eixo Tocantins também compreende dois corredores rodoviários que dão acesso ao porto de Belém. O primeiro é formado pela BR-158, BR-155 e PA-150, e o segundo, pela BR-153 e BR-010.

Um grande entrave desse corredor logístico é a ligação das áreas produtivas do Centro-Oeste com a FNS, que será solucionado com a construção da Ferrovia de Integração Centro-Oeste (Fico). O corredor hidroviário do rio Tocantins, que nasce no estado de Goiás e se desenvolve até o estado do Pará, tem alto potencial de navegação, mas enfrenta dificuldades naturais, sobretudo com o Pedral de Lourenço,

8. O transbordo consiste na transferência de mercadorias de um veículo de transporte para outro.

formação rochosa de extensão de 43 km. As intervenções nesse corredor viabilizarão o transporte em um trecho de aproximadamente 500 km, desde Marabá, no Pará, até a foz do rio.

3.4 Eixo São Luís

Esse eixo conecta as regiões produtoras do Maranhão, do Piauí e do Tocantins ao porto de São Luís. O acesso ao porto se dá pelas rodovias BR-230 e BR-135.

3.5 Eixo Salvador

O eixo Salvador atende principalmente à produção da Bahia e compreende o acesso ao porto de Salvador pela BR-242. Uma obra importante para fortalecer a cadeia logística dos grãos do Arco Norte é a Ferrovia de Integração Oeste-Leste (Fiol). Quando concluída, a Fiol conectará o porto de Ilhéus à região produtora de grãos de Barreiras (Bahia) e terá ligação com a FNS em Figueirópolis (Tocantins).

Como observado, a maioria dos eixos utiliza o modo rodoviário como principal meio de acesso aos portos do Arco Norte. Com exceção da FNS e da EFC, as demais linhas ferroviárias encontram-se em fase de implantação (Fiol e Fico) ou planejamento (Ferrogrão). Navega-se com restrições nos rios Madeira, Tapajós e Tocantins. Sobre as estradas, a classificação em cada eixo utilizou as informações da pesquisa CNT de rodovias (CNT, 2022). O quadro 1 apresenta a situação dos trechos considerados, a partir da avaliação do estado geral, pavimento, sinalização e geometria da via.

QUADRO 1
Classificação das rodovias utilizadas no acesso aos portos do Arco Norte (2022)

Rodovia	UFs	Estado geral	Pavimento	Sinalização	Geometria da via
BR-010	Pará e Tocantins	Regular	Regular	Regular	Regular
BR-070	Mato Grosso	Regular	Regular	Regular	Regular
BR-135	Bahia, Maranhão e Piauí	Ruim ou regular	Ruim ou regular	Ruim ou regular	Regular
BR-153	Tocantins	Bom	Bom	Regular	Bom
BR-155	Pará	Ruim	Péssimo	Péssimo ou ruim	Péssimo ou ruim
BR-158	Mato Grosso e Pará	Regular ou ruim	Regular ou ruim	Regular ou ruim	Regular ou ruim
BR-163	Mato Grosso e Pará	Regular ou ruim	Regular ou ruim	Regular ou ruim	Regular
BR-174	Mato Grosso e Rondônia	Regular	Bom ou regular	Regular	Regular
BR-230	Maranhão, Piauí e Tocantins	Regular	Regular	Regular	Regular
BR-242	Bahia, Mato Grosso e Tocantins	Regular	Bom	Regular	Regular
BR-364	Mato Grosso e Rondônia	Regular	Regular	Regular	Regular
PA-150	Pará	Não avaliada			

Fonte: CNT (2022).
Elaboração dos autores.

É notório que a maioria das rodovias federais que atendem à região de nova fronteira agrícola necessita de investimentos para a melhoria do cenário apresentado pela CNT (2022). Sabe-se que problemas no pavimento impactam diretamente os custos variáveis do transporte rodoviário de cargas, uma vez que diminuem a eficiência do veículo, tornando as viagens mais demoradas, bem como aumentam o gasto de combustível por quilômetro. Considerando-se a extensão total das rodovias federais avaliadas (67.382 km), 7,1% tiveram seu estado geral classificado como ótimo; 31,7%, como bom; 41,9%, como regular; 15,2%, como ruim; e 4,1%, como péssimo.

A pesquisa CNT também identificou a existência de pavimentos mais degradados na região Norte (77,6%), seguida do Centro-Oeste (72,1%), Nordeste (71,2%), Sul (69,2%) e Sudeste (65,3%). Dessa forma, estima-se que, na região Norte, o transporte rodoviário de cargas gasta 43,6% a mais em termos de custos operacionais do que deveria caso as rodovias estivessem em estado ótimo. No Centro-Oeste, o aumento de custo é de 30,4%;[9] no Nordeste, de 33,8%; no Sul, de 31,7%; e no Sudeste, de 30,0%.

Em relação à gestão das vias – concedidas ou públicas –, 48,1% daquelas em que a operação é privada apresentam algum tipo de irregularidade no pavimento, o que implica um acréscimo nos custos operacionais de 17,8%. Em relação às rodovias sob gestão pública, o percentual de vias com algum tipo de problema no pavimento foi de 76,1%, acarretando um acréscimo de 37,1% nos custos operacionais. Essa variação entre os incrementos nos custos de operação indica que as vias concedidas têm tido mais sucesso em manter um nível de serviço mais elevado. Ademais, 78,5% da malha rodoviária nacional não é pavimentada. Assim, o incremento total de despesas relativo a falhas na infraestrutura nacional pode ser ainda maior.

Os resultados da pesquisa da CNT (2022) enfatizam a necessidade de melhorias nos sistemas de transportes. Perante a degradação e a insuficiência da malha viária, as melhorias logísticas podem, em muitos casos, representar ganhos superiores aos da adoção de novas tecnologias agrícolas (Castro *et al.*, 2017). A seção a seguir lista as ações prioritárias em logística e infraestrutura para a melhoria do acesso aos portos do Arco Norte.

4 INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA O ACESSO AOS PORTOS DO ARCO NORTE

A partir da análise da infraestrutura existente no Arco Norte, verificou-se a necessidade de ofertar vias de acesso das unidades produtoras aos centros de distribuição

9. Apesar de o Centro-Oeste possuir uma extensão maior de pavimento não classificado como ótimo em relação ao Nordeste, seu aumento de custo operacional decorrente é menor, pois possui menor extensão de asfalto classificado como ruim ou péssimo em comparação com os estados nordestinos.

(mercado interno) e aos portos (mercado externo). Pela verificação do *status* das estradas, rios e linhas férreas disponíveis, foram identificadas as intervenções, que incluíram adequação, manutenção e pavimentação de rodovias, inclusive obras de implantação de terceiras faixas, e a implantação de linhas férreas, conectando as demais malhas. Para os rios, indica-se a realização de obras de dragagem, derrocamento, sinalização e balizamento, bem como a atualização das cartas náuticas e a implantação de dispositivos de transposição de desníveis (eclusas).

As intervenções em logística e infraestrutura necessárias para garantir o escoamento dos produtos agropecuários – das regiões de novas fronteira agrícolas para os centros de distribuição ou terminais portuários – são elencadas no quadro 2.

QUADRO 2
Intervenções necessárias para garantir o acesso dos produtos agropecuários ao sistema portuário brasileiro

Modalidade de transporte	Intervenções necessárias	Justificativa
Rodoviário	BR-020: elaboração do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), pavimentação e adequação do trecho de Santa Rita de Cássia, na Bahia, a Campo Alegre de Lourdes, no Piauí, num total de 310 km.	1,5 a 3 milhões de toneladas a.a. de produtos agropecuários. Abastecimento da região Nordeste com milho para a avicultura da faixa litorânea.
Rodoviário	BR-020: pavimentação e adequação do trecho entre Barreiras, na Bahia, e Picos, no Piauí, no entroncamento com a BR-230, de 741 km.	4 a 7 milhões de toneladas a.a. de produtos agropecuários. Abastecimento da região Nordeste com milho para a avicultura da faixa litorânea.
Rodoviário	BR-080: pavimentação do trecho de Ribeirão Cascalheira (Mato Grosso) a Luiz Alves, em São Miguel do Araguaia (Goiás), de 201 km.	3 a 5 milhões de toneladas a.a. de produtos agropecuários. Ligação dos polos produtivos à FNS e aos portos do Arco Norte.
Rodoviário	BR-155: adequação da capacidade da rodovia, com 350 km de extensão, no trecho de Redenção a Marabá, ambas cidades do Pará.	7 a 15 milhões de toneladas a.a. de produtos agropecuários. Ligação dos polos produtivos aos outros modos de transportes (FNS e hidrovia do rio Tocantins) e aos portos do Arco Norte (Itaqui e Barcarena). Observe-se que a navegação plena da hidrovia do Tocantins depende da conclusão da obra de derrocamento Pedral do Lourenço (Pará).
Rodoviário	BR-158: implantação e pavimentação do contorno da terra indígena Marãiwatsédé, em Mato Grosso, com 195 km, e adequação da capacidade da rodovia no trecho que vai da divisa entre Mato Grosso e Pará até a cidade de Redenção, com a construção de pontes.	
Rodoviário	BR-163: conclusão da pavimentação do trecho de Miritituba a Santarém, e construção de pontes, num total de 33 km.	1 a 5 milhões de toneladas a.a. de grãos. Ligação dos polos produtivos aos outros modos de transporte e aos portos do Arco Norte, com auxílio da implantação da Ferrogrão (EF-170).
Rodoviário	BR 174: pavimentação do trecho de 233 km de Juína, em Mato Grosso, a Vilhena, em Rondônia.	3 a 5 milhões de toneladas a.a de grãos para o corredor logístico da BR 364 e hidrovia do rio Madeira.
Rodoviário	BR-230, BR-412 e BR-232: adequação da capacidade rodoviária, no trecho pernambucano do trajeto de Picos a João Pessoa, via BR-232, num total de 852 km.	2 a 4 milhões de toneladas a.a. de grãos. Suprimento de grãos para os criatórios no litoral, frutas, fertilizantes, combustíveis e alimentos.
Rodoviário	BR 235: implantação e pavimentação do trecho de Monte Alegre do Piauí a Santa Filomena (Piauí), e de Santa Filomena a Pedro Afonso, no Tocantins.	3 milhões de toneladas a.a. de grãos. Escoamento da produção agrícola do Piauí, do Maranhão e do Tocantins para a FNS, no sentido porto de Itaqui.

(Continua)

(Continuação)

Modalidade de transporte	Intervenções necessárias	Justificativa
Rodoviário	BR-242: pavimentação do trecho de 288 km de Santiago do Norte a Querência, em Mato Grosso.	5 milhões de toneladas a.a. de grãos. Conexão das áreas de produção às BR-158 e BR-163.
Rodoviário	BR-242: adequação, manutenção, ampliação do pavimento e instalação de terceiras faixas no trecho de Luís Eduardo Magalhães a Aratu-Cotegipe.	5 a 10 milhões de toneladas a.a. de grãos. Escoamento de grãos para exportação pelo porto de Cotegipe, e frete de retorno de fertilizantes, para suprir as demandas internas da Bahia.
Rodoviário	BR-324: implantação e pavimentação do trecho de Ribeiro Gonçalves, no Piauí, a Balsas, no Maranhão.	2 a 3 milhões de toneladas a.a. de grãos. Escoamento da produção agrícola do Piauí e do Maranhão para o porto de Itaqui.
Rodoviário	BR-330: adequação de capacidade do trecho Tasso Fragoso-Balsas, no Maranhão.	3 milhões de toneladas a.a. de grãos. Escoamento da produção agrícola do Piauí e do Maranhão para o porto de Itaqui.
Ferroviário	Ferrogrão: licitação do trecho de Sinop, em Mato Grosso, a Miritituba, no Pará.	30 a 50 milhões toneladas a.a. de grãos. Ligação do norte de Mato Grosso ao porto de Miritituba-Itaituba, no Pará.
Ferroviário	Fico: dar sequência às obras de implantação desta ferrovia de Mara Rosa (Goiás) a Água Boa (Mato Grosso).	10 a 15 milhões toneladas a.a de grãos. Ligação com a FNS.
Ferroviário	Fiol: licitação do trecho de Caetité, na Bahia, a Figueirópolis, no Tocantins.	15 milhões toneladas a.a.de grãos. Ligação com a FNS e com o porto de Ilhéus.
Ferroviário	Ferrovia Centro-Atlântica (FCA): renovação antecipada da FCA, com adequação de capacidade do trecho de Brumado ao porto de Cotegipe, na Bahia.	5 a 10 milhões de toneladas a.a. de grãos. Possibilitar alternativas de escoamento da produção de grãos do oeste da Bahia pelos portos de Ilhéus e Cotegipe (Complexo de Aratu).
Hidroviário	Rio Madeira: dragagem e sinalização.	20 milhões toneladas a.a. de grãos. Obras de sinalização, derrocamento, balizamento e dragagem (tráfego permanente).
Hidroviário	Rio Tapajós: dragagem, sinalização e balizamento do trecho de Miritituba a Santarém.	20 a 50 milhões toneladas a.a de grãos. Garantia da movimentação de cargas agropecuárias nos rios.
Hidroviário	Rio Tocantins: derrocamento do Pedral do Lourenço, no Tocantins.	20 a 50 milhões de toneladas a.a. de grãos, fertilizantes e minérios. Carga para 2025.

Elaboração dos autores.
Obs.: Os valores apresentados na coluna de justificativa referem-se ao potencial de produção da região após as intervenções.

As sugestões apresentadas para adequar a infraestrutura à demanda gerada pela produção do setor agropecuário requerem vultosos recursos para sua concretização. Vale lembrar que o investimento em logística é revertido na redução do "custo Brasil" e produz efeitos multiplicadores positivos, como integração entre as regiões brasileiras e aumento da produtividade e competitividade. Esses efeitos criam condições propícias para o crescimento e o desenvolvimento econômico, na medida que geram emprego e renda. Além dos recursos a serem despendidos em obras de infraestrutura, algumas medidas são propostas nesta pesquisa para a formulação de planos de governo, inclusive para atrair investimentos privados, a saber:

- desenvolvimento de planos setoriais consistentes, considerando objetivos, diretrizes, princípios e instrumentos que garantam os resultados propostos;
- oferta de projetos financeiramente atrativos, de maneira a motivar aportes de capital pela iniciativa privada;
- formulação de regras claras e de longo prazo, que possibilitem segurança jurídica, estabilidade e transparência, e que não se sobreponham aos riscos dos investimentos;
- atuação equilibrada e conjunta do setor público e do setor privado na construção de marcos regulatórios setoriais adequados;
- gestão da coisa pública baseada na qualidade, na inovação e no uso equilibrado do poder regulatório;
- incentivos às parcerias que viabilizem investimentos em infraestrutura e criem ambiente de competição, estímulo à livre iniciativa e mínima intervenção estatal em negócios privados;
- integração dos modos de transportes (rodoviário, ferroviário e aquaviário) aos centros de distribuição e aos sistemas portuários públicos e privados (intermodalidade e multimodalidade);
- movimentação de pessoas e cargas, satisfazendo as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na prestação do serviço de transporte e modicidade tarifária; e
- conexão do campo à cidade, abastecendo o mercado interno e externo, e ofertando às fazendas insumos e comodidades necessárias à produção.

O direcionamento de recursos para os corredores e terminais do Arco Norte contribuiria para equilibrar as tendências de crescimento na produção de várias cadeias produtivas nacionais e, consequentemente, na ampliação da demanda por transportes por essas cadeias (Brasil, 2016). Em razão da crise política, econômica e fiscal que abateu a economia em 2014, os investimentos em infraestrutura de transporte registraram forte queda. No período de 2004 a 2021, o investimento público federal ainda foi a principal fonte de recursos para a efetivação das obras e das ações necessárias para a manutenção e a expansão da infraestrutura de transporte. O valor total investido pelo poder público na infraestrutura de transporte, no período de 2004 a 2012, foi de R$ 168,98 bilhões, enquanto a iniciativa privada desembolsou R$ 133,23 bilhões. No período de 2013 a 2021, os investimentos públicos federais somaram R$ 145,44 bilhões, enquanto os privados foram de R$ 246,28 bilhões (CNT, 2022).

Entretanto, por mais que a participação privada seja de suma importância para o necessário avanço no setor de transportes, isto não exime o poder público de responsabilidade nesse processo. O Estado representa o proprietário legal e mantenedor da infraestrutura de transporte no país. É preciso compreender que, perante a dimensão territorial brasileira e a complexidade da estrutura de transporte, nem todos os projetos irão apresentar viabilidade financeira em termos de custos e lucro para atrair a participação do setor privado (CNT, 2022).

Embora os problemas relacionados com a infraestrutura brasileira demandem a implementação de um conjunto de ações estruturado e amplo para sua solução, as iniciativas já em execução indicam que o governo brasileiro tem ciência dos gargalos existentes e vem buscando adotar medidas para atenuar os problemas, tais como o Programa de Parcerias de Investimento (PPI) e o Plano Nacional de Logística (PNL) (Brasil, 2018b).

Criado pela Lei nº 13.334, de 2016, o PPI tem a finalidade de ampliar e fortalecer a interação entre o Estado e a iniciativa privada por meio da celebração de contratos de parceria e de outras medidas de desestatização. Um dos grandes eixos de atuação do PPI é a qualificação de projetos de infraestrutura prioritários para parcerias com o setor privado.[10]

Por seu turno, o PNL é um dos principais instrumentos de que o poder público dispõe para planejar, no longo prazo, a infraestrutura de transportes brasileira. O PNL identifica e propõe, com base no diagnóstico atual, soluções que contribuem para o desenvolvimento brasileiro. O objetivo é indicar empreendimentos que propiciem a redução dos custos, melhorar o nível de serviço para os usuários, buscar o equilíbrio da matriz, aumentar a eficiência dos modos utilizados para a movimentação das cargas e diminuir a emissão de poluentes (EPL, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial competitivo da agricultura brasileira possibilitou, em poucas décadas, que o país se destacasse no cenário mundial como grande exportador de *commodities*, com destaque para soja e milho. Tal conquista foi alcançada graças aos esforços empreendidos pelo governo, pelas instituições de ciência, tecnologia e inovação, e pelos agentes públicos e privados do setor, o que permitiu a obtenção de crescentes ganhos de produtividade e a utilização de áreas até então consideradas inaptas para a agricultura, propiciando a expansão das fronteiras agrícolas.

Apesar desse novo contexto, o sistema de infraestrutura logístico brasileiro ainda apresenta sérias deficiências, de modo que se observa uma lacuna entre a

10. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/sobre-o-programa>.

capacidade de produção de grãos e a de escoamento desses pelas vias brasileiras, principalmente rumo aos portos do Arco Norte. As regiões de novas fronteiras agrícolas – Centro-Norte e Matopiba – respondem por mais de 70,0% da produção de soja e milho. No entanto, a participação dos portos do Arco Norte no total exportado é de apenas 37,1% (o capítulo 8, a seguir, dentro da mesma problemática aqui discutida, debate a integração de corredores bioceânicos como forma de minimizar custos de escoamento da produção nacional).

É necessário dotar as regiões de novas fronteiras agrícolas de infraestrutura para aproveitar as vantagens competitivas que os portos do Arco Norte podem proporcionar, principalmente na redução do tempo de viagem e dos custos. Além disso, o desenvolvimento dos portos do Norte pode criar uma estrutura para recebimento e processamento de matérias-primas para insumos que poderia viabilizar os fretes de retorno. A utilização dos portos do Arco Norte também se justifica pela minimização dos impactos ambientais, com a integração das modalidades hidroviárias e ferroviárias.

Diante dessa constatação, o presente estudo realizou um diagnóstico da infraestrutura de acesso ao sistema portuário do Arco Norte e indicou ações em logística e infraestrutura prioritárias para o aumento da participação desses portos no total movimentado de grãos, como a conclusão da Ferrogrão e a melhoria das condições de navegabilidade das hidrovias dos rios Tocantins, Madeira e Tapajós.

Devido à escassez de recursos públicos, a busca por parcerias com o setor privado tem sido indicada como caminho para viabilizar os investimentos em transportes. Esses investimentos dependem, entretanto, de estabilidade regulatória e da solução do desafio do financiamento.

Embora os investimentos públicos em infraestrutura tenham diminuído muito nos últimos anos, o governo brasileiro tem ciência dos gargalos no setor e vem buscando adotar medidas para atenuar os problemas, tais como o PPI e o PNL.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Arco Norte**: o desafio logístico. Brasília: Câmara dos Deputados, 2016. (Edições Câmara). Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/arco_norte.pdf>. Acesso em: dez. 2022.

_____. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Corredores logísticos estratégicos**: complexo de soja e milho. Brasília: MTPA, 2017.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio**: Brasil 2017-2018 a 2027-2028: projeções de longo prazo. Brasília: Mapa; SPA; ACE, 2018a.

_____. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. **Investimentos privados no setor de infraestrutura do Brasil**: oportunidades no âmbito de acordos internacionais. Brasília: Seain, 2018b. Disponível em: <https://bit.ly/3oSw9yL>. Acesso em: jan. 2023.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio**: Brasil 2021-2022 a 2031-2032 projeções de longo prazo. Brasília: Mapa; SPA, 2022.

CASTRO, G. S. A. *et al*. **Macrologística da agropecuária brasileira**: estudo de caso exportações de soja e milho. Campinas: Embrapa, 2017.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Dados macroeconômicos do setor agropecuário brasileiro**. Brasília: CNA, 2023.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho**. Brasília: CNT, 2015.

_____. **Pesquisa CNT de rodovias 2022**. Brasília: CNT; Sest Senat, 2022.

EPL – EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA. **Plano Nacional de Logística**. Brasília: EPL, 2023. Disponível em: <https://portal.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>. Acesso em: jan. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Agrícola Municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: nov. 2022.

LOPES, E. P. Arco Norte: promissora saída para o mundo. **A Granja**, Porto Alegre, n. 871, jul. 2021. Disponível em: <https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/871/materia/11376>.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R. *et al*. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016. p. 89-107.

_____. **O desenvolvimento da agricultura do Brasil e o papel da Embrapa**. Brasília: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2748).

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividades. Brasília: Ipea, 2017.

CAPÍTULO 8

CORREDORES BIOCEÂNICOS E AGRONEGÓCIO: O CASO DO ALGODÃO BRASILEIRO

Pedro Silva Barros[1]
Andréa Curiacos Bertolini[2]
Alexandre Gervásio de Sousa[3]
Helitton Christoffer Carneiro[4]

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a dinâmica produtiva do agronegócio brasileiro tem se deslocado para áreas mediterrâneas do país (como abordado no capítulo 7). Esse movimento geoeconômico de expansão da fronteira agrícola nacional para áreas interioranas, em direção a oeste e norte do território, tem aumentado a distância média da produção agropecuária brasileira dos tradicionais portos do Atlântico, consequentemente tornando mais viáveis as alternativas logísticas do Pacífico sul-americano.

Desde 1997, com a inauguração do terminal portuário de Itacoatiara (Amazonas), as hidrovias amazônicas no Arco Norte têm sido viabilizadas como relevante rota de escoamento da soja e do milho brasileiros à medida que suas produções se consolidam em áreas do Centro-Oeste ao norte do paralelo 16º. Um quartil de século depois, a produção de algodão e outras *commodities* agrícolas tem se expandido a áreas que estão mais próximas de portos do Pacífico do que dos principais portos brasileiros.

A partir de 2000, com a Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional Sul-Americana (Iirsa), os doze países da América do Sul começaram a planejar conjuntamente eixos de integração de transporte, incluindo os corredores bioceânicos (Couto, 2012, p. 145). Há corredores já concluídos, como o que conecta o

1. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea); e doutor em integração da América Latina, com pós-doutorado em economia pela Universidade de São Paulo (USP). *E-mail*: <pedro.barros@ipea.gov.br>.

2. Agrônoma; PhD em química de alimentos pela Université de Nantes; pós-doutorado pela University of Idaho; e pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). *E-mail*: <andrea.bertolini@embrapa.br>.

3. Técnico de planejamento e pesquisa na Dinte/Ipea; graduado em engenharia de alimentos; mestre em agronegócio pela Universidade Federal de Goiás (UFG); e doutor em economia aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). *E-mail*: <alexandre.gervasio@ipea.gov.br>.

4. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Dinte/Ipea; e mestre em economia aplicada pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila). *E-mail*: <helitton.carneiro@ipea.gov.br>.

Mato Grosso ao Peru, passando por Rondônia (ponte do Abunã) e Acre até os terminais de Ilo e Matarani (Barros *et al.*, 2021a), e outros em construção, como o que conectará o Mato Grosso do Sul, o Chaco paraguaio e as províncias do noroeste argentino aos portos do norte do Chile (Barros *et al.*, 2020).

Os desafios logísticos brasileiros, sobretudo no âmbito da superação do antagonismo geográfico Atlântico-Pacífico no espaço sul-americano, devem considerar a importância de se projetar uma rede interoceânica de infraestrutura na região, constituída a partir de um conjunto de corredores bioceânicos (Leste-Oeste) complementares, em diferentes latitudes, articulados com hidrovias, rodovias e ferrovias (Norte-Sul) (Barros, Severo e Carneiro, 2022).

O acesso facilitado aos portos do litoral chileno e peruano traz, potencialmente, vantagens logísticas e ganhos competitivos para o agronegócio brasileiro, tanto para escoamento da produção como para a aquisição de insumos fundamentais, especialmente fertilizantes (Barros *et al.*, 2020, p. 149-158).

Nos últimos quinze anos, o algodão brasileiro tem se destacado no mercado mundial; sua participação no total das exportações globais passou de 2% para 7%. Como visto por Alcantara, Vedana e Vieira Filho (2023), essa nova dinâmica do algodão está concentrada no estado de Mato Grosso, expandindo-se em direção a Rondônia. Portanto, em direção à Bolívia e voltada ao Peru.

Pretende-se com este capítulo reunir, em uma análise conjunta: i) elementos geográficos da expansão agrícola brasileira e seu potencial transbordamento aos países vizinhos; ii) o planejamento da infraestrutura regional sul-americana; e iii) as especificidades do algodão em relação à produção, à logística e ao mercado internacional. Parte-se da hipótese de que o algodão tem todas as características necessárias para liderar o adensamento do fluxo em larga escala de produtos do agronegócio brasileiro, via portos do Chile e Peru, transpondo os Andes, para os mercados da Ásia-Pacífico.

Este trabalho está dividido em mais cinco seções além desta introdução e das considerações finais. A próxima seção trata dos corredores bioceânicos e da nova dinâmica agrícola brasileira. A terceira seção analisa a importância da fibra natural como fator garantidor de estabilidade econômica para algumas nações. A quarta seção versa sobre a reconfiguração da pauta de exportação e a inserção externa do algodão e de têxteis brasileiros. A quinta seção analisa a espacialização da dinâmica algodoeira no Brasil e o protagonismo de Mato Grosso e do extremo oeste baiano. A sexta seção aborda os desafios logísticos e as potencialidades do escoamento do algodão via corredores bioceânicos e terminais portuários do Pacífico.

2 OS CORREDORES BIOCEÂNICOS E A NOVA DINÂMICA AGRÍCOLA BRASILEIRA

O mundo contemporâneo é caracterizado por contínuas e aceleradas transformações, que contemplam temas econômicos, ambientais, científicos, entre outros. Algumas dessas mudanças, em razão de seu impacto, dimensão e alcance, são consideradas "tectônicas", podendo ser de caráter exógeno ou endógeno. Os movimentos de reconfiguração da produção e comércio internacionais e o deslocamento do eixo mais dinâmico da economia mundial em direção à região Ásia-Pacífico, e em especial à China, são exemplos de mudanças tectônicas exógenas, que reestruturam a forma como se dão as relações econômicas internacionais (CEPAL, 2016, p. 41).

No Brasil, todavia, é cada vez mais perceptível a existência de uma mudança endógena em pleno curso, que é justificada pelo avanço da agropecuária no interior do país e influenciada – também – pela ascensão da Ásia na economia internacional e pelo fortalecimento da posição dos países asiáticos como os principais mercados consumidores dos produtos agropecuários brasileiros (Barros *et al.*, 2021b).

A importância da Ásia para as exportações brasileiras pode ser mensurada pelas estatísticas de comércio exterior do país. Em 2022, as exportações nacionais destinadas ao conjunto dos países asiáticos (com exceção das nações do Oriente Médio) totalizaram US$ 139,95 bilhões, montante que representou 41,8% do total das exportações brasileiras. Das 27 Unidades Federativas (UFs) do Brasil, dezesseis tiveram países asiáticos como o principal destino de suas vendas internacionais, das quais catorze UFs tiveram a China como principal destino e duas delas, Singapura. Em contrapartida, países sul-americanos como Peru, Colômbia e Venezuela foram o principal destino das exportações de três estados fronteiriços brasileiros, situados na região Norte, conforme consulta ao sistema de extração de dados Comex Stat.[5]

A escala das exportações do Brasil aos dinâmicos mercados do Sudeste Asiático associada aos avanços das tecnologias empregadas na produção das *commodities* agrícolas, à obtenção de novas variedades produtivas resistentes a pragas e doenças e aos avanços na tecnologia da agricultura de precisão, juntos, foram fatores que contribuíram para as mudanças geoeconômicas internas no tecido produtivo nacional (Embrapa, 2018). Como resultado, tem-se uma dilatação da fronteira agrícola brasileira em direção a oeste e a norte do território, movimento que muitas vezes extrapola os limites nacionais e adentra um conjunto de províncias e departamentos de países fronteiriços ao Brasil, tal como ocorreu com o avanço da soja em Santa Cruz, na Bolívia, e nos departamentos paraguaios de Alto Paraná, Itapúa, Canindeyú, Caaguazú, San Pedro e outros (Barros, Severo e Carneiro, 2022).

5. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>.

As novas áreas de cultivo no Brasil se destacam por serem altamente produtivas, contudo, estão cada vez mais distantes dos tradicionais terminais portuários das regiões Sul e Sudeste e, portanto, mais próximas da costa pacífica chilena e peruana, ou ainda, para o caso do recente avanço da agricultura no estado de Roraima, de alternativas logísticas via Caribe venezuelano e guianês.

À medida que áreas mediterrâneas e interioranas do território nacional se incorporam à fronteira agrícola brasileira, como ocorre com a produção de algodão, de soja, de milho e outras culturas, mais relevante se torna o debate sobre a necessidade de se estabelecer um conjunto alternativo de infraestruturas de escoamento, que seja condizente com a nova realidade produtiva do Brasil e que otimize, em termos logísticos, o fluxo de escoamento da produção brasileira para os mercados internacionais. A interiorização da produção agropecuária aumentou a demanda por infraestrutura logística e por investimento nesse setor (Garcia e Vieira Filho, 2021, p. 2). Outra variável relevante é que o aumento da produtividade, associado à melhoria da infraestrutura de escoamento, "é fundamental para reduzir a pressão sobre os recursos naturais, preservar o meio ambiente e manter o desenvolvimento do agronegócio no Cerrado brasileiro" (Vieira Filho, 2016, p. 101).

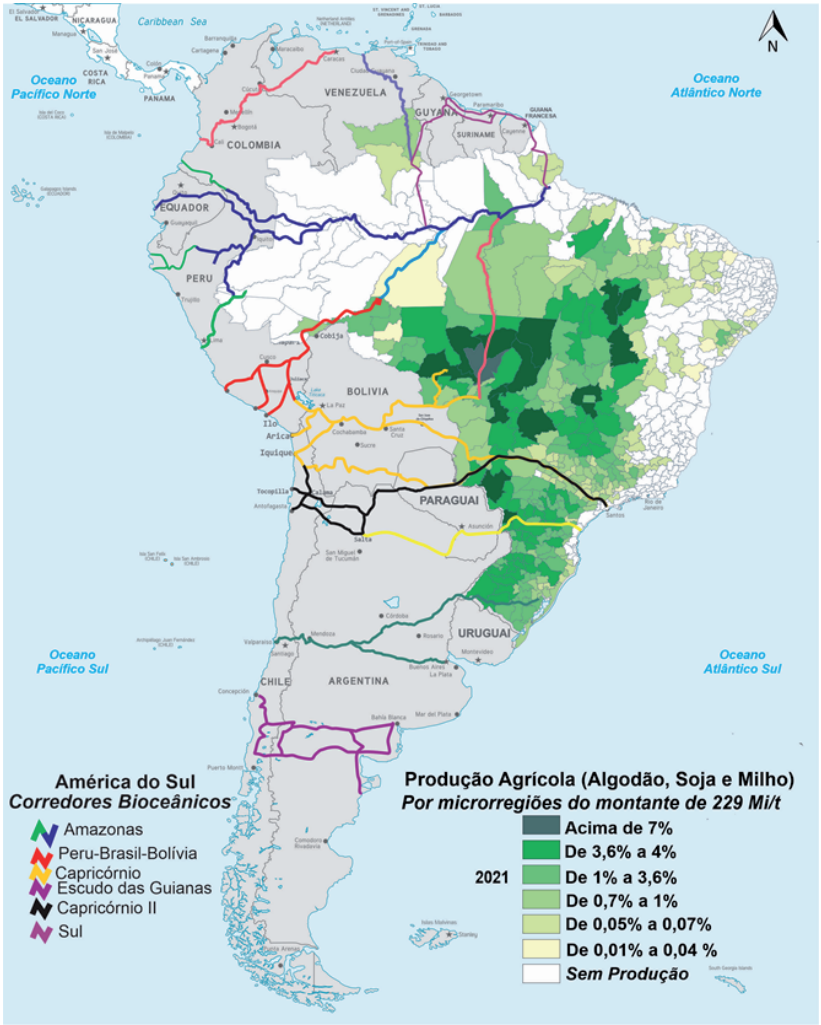
O mapa 1 apresenta o agregado da produção agrícola brasileira de algodão herbáceo, de soja e de milho em 2021, a partir dos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e classificados pelas 558 microrregiões brasileiras. Somadas, as produções brasileiras de algodão herbáceo, soja e milho totalizaram 239 milhões de toneladas em 2021. É possível observar que a região central do país e demais áreas interioranas (distantes da costa atlântica) têm apresentado uma produção agrícola bastante destacada em relação às regiões costeiras tradicionais. A visualização enfatiza os corredores bioceânicos, que são complementares entre si e juntos podem formar uma rede interoceânica de infraestrutura no continente sul-americano. A viabilização desses corredores permitiria que parte do escoamento das *commodities* agrícolas brasileiras, produzidas nas áreas mais dinâmicas do território nacional, fosse realizada pelos terminais portuários do Chile e Peru, desde que, obviamente, houvesse as adaptações necessárias ao tipo de carga brasileira, avanços nos acordos fitossanitários, entre outras questões que impactariam o acesso comercial brasileiro, por via terrestre, aos portos sul-americanos do Pacífico.

A positiva dinâmica dos corredores bioceânicos também poderá alavancar o desenvolvimento de novos polos urbanos por meio do crescimento de cidades como Porto Murtinho (Mato Grosso do Sul), Cáceres (Mato Grosso), Assis Brasil (Acre), entre outras. Essas cidades são consideradas o último elo da cadeia de distribuição de mercadorias que entram no Brasil pelos portos do Atlântico. O desenvolvimento de novos nós logísticos na América do Sul também poderá estimular a multimodalidade, a eficiência dos transportes de cargas, a economia circular no continente

e o desenvolvimento de seu entorno próximo, incluídas as áreas de fronteira. Nos últimos anos, o Grupo de Trabalho do Corredor Rodoviário Bioceânico entre Porto Murtinho (Mato Grosso do Sul) e os portos do Norte do Chile, que reúne Argentina, Brasil, Chile e Paraguai, tem sido a experiência regional mais relevante em governança de infraestrutura de integração (Barros *et al.*, 2020).

MAPA 1

Produção agrícola de algodão herbáceo (em caroço), soja e milho (em grão) por microrregião brasileira (2021)



Fonte: IBGE.
Elaboração dos autores.
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

São muitos os desafios da implementação de projetos dessa magnitude, a começar pelas fontes de financiamento das obras de infraestrutura de integração, a institucionalização e a estruturação de uma governança compartilhada para cada um dos projetos, a melhoria na infraestrutura de controle e a compatibilização aduaneira e fitossanitária, os avanços na digitalização e registro das mercadorias em trânsito, o estímulo à participação de atores sub-regionais nas discussões e na tomada de decisões, os investimentos em melhorias no transbordo de cargas e nas adaptações dos terminais portuários do Pacífico às mercadorias brasileiras com potencial de exportação via Chile e Peru, entre outros obstáculos de natureza econômica, geográfica e institucional.

Outra questão fundamental a ser considerada é o tipo de mercadoria nacional com escala e condições suficientes de transpor a cadeia montanhosa dos Andes e acessar, de maneira perene e sem maiores impeditivos, a costa pacífica sul-americana e os mercados consumidores asiáticos.

Sobre o tipo de produto que poderia ser vendido pelo Brasil para o exterior, via terminais portuários do Pacífico, este capítulo aborda as possibilidades de exportação do algodão brasileiro (e seus subprodutos). As mercadorias oriundas da cadeia produtiva algodoeira, em um primeiro momento, poderão ter o potencial imediato de consolidar rotas marítimas diretas do Pacífico para a Ásia. O ideal é que o volume das vendas nacionais seja suficiente para garantir um fluxo contínuo de embarques semanais desde o Pacífico sul-americano e estimular, também, a navegação por cabotagem ao longo do litoral chileno e peruano. Ademais, será comentado brevemente sobre a logística de escoamento das exportações brasileiras de soja e milho e suas dificuldades adicionais de acessar o Pacífico em razão do tipo de transporte (granel) e do peso das cargas, em comparação à logística das exportações conteinerizadas da pluma de algodão e dos conhecidos subprodutos da fibra natural (tecidos, fios e linhas), oriundos da indústria têxtil brasileira.

3 ALGODÃO NO MUNDO: *COMMODITY* AGRÍCOLA E FATOR GARANTIDOR DE ESTABILIDADE ECONÔMICA

O algodão e seus subprodutos têm papel relevante na economia de diversos países. Mesmo sendo uma cultura tradicional, cujos primeiros registros de cultivo datam de milhares de anos atrás, o desenvolvimento de novos produtos a partir dos insumos da cadeia algodoeira e seu emprego nos mais diferentes setores da economia são pontos de destaque que reforçam a polivalência do uso industrial do algodão. A fibra natural é empregada, principalmente, na confecção de têxteis em geral (fios, linhas e tecidos), no uso de materiais cosméticos, hospitalares e outros (Abrapa, 2012, p. 74-76). Os subprodutos, como as plumas, são usados na manufatura têxtil, enquanto o caroço é empregado na obtenção de óleos, margarinas, farelos e rações animais, além de biocombustíveis (biodiesel) (Severino *et al.*, 2019, p. 12).

O mercado mundial do algodão é mensurado de várias maneiras, a depender das classificações comerciais empregadas e do grau de manufatura e processamento dos subprodutos analisados. Segundo o International Trade Centre (ITC), e de acordo com a classificação por capítulo do Sistema Harmonizado (SH2), as vendas internacionais de algodão não cardado (SH2 52), em 2021, totalizaram US$ 62,5 bilhões. Os cinco principais *players* das exportações de algodão foram: a China, com US$ 13,7 bilhões em vendas, valor equivalente a 21,9% do total exportado mundialmente do produto; a Índia, com US$ 10 bilhões (16,1%); os Estados Unidos, com US$ 7,16 bilhões (11,5%); o Vietnã, com US$ 3,8 bilhões (6,1%); e, na quinta colocação, o Brasil, que exportou o montante de US$ 3,6 bilhões (5,8%) (ITC, 2022).

A fim de analisar os movimentos de reconfiguração da pauta de exportação brasileira do algodão ocorridos ao longo das duas últimas décadas, utilizou-se o nível de posição da classificação por Sistema Harmonizado (SH4). É importante esclarecer que as exportações mundiais da fibra natural, registradas pelo código SH2 52, contabilizam como algodão não somente as exportações da *commodity* em si, mas também as vendas externas de importantes subprodutos da cadeia algodoeira, como os tecidos, as linhas, os fios e os desperdícios de algodão. Para acompanhar o mercado dos subprodutos do algodão no comércio exterior, foi necessário observar níveis mais detalhados da classificação por Sistema Harmonizado (SH4 para nível posição ou, ainda, SH6 para nível subposição).

Um ponto interessante nas discussões sobre o algodão é o fato da *commodity* agrícola ter diferentes graus de relevância para as nações. Enquanto alguns países priorizam a via comercial, buscando acumular crescentes superávits por meio das exportações da fibra natural, outros consideram que o algodão é um produto garantidor de segurança econômica. No caso da China, o país adota a política de autossuficiência da produção de algodão, na qual o Estado tem rígido controle sobre os níveis de produção, importações, preço e estoques. Devido ao fato de a indústria têxtil ser um dos pilares da economia da China, há grande preocupação do governo quanto aos estoques e ao preço de mercado do algodão. Neste caso, o rígido controle sobre a produção e importação da cultura e o gerenciamento dos níveis de estoque da fibra natural são considerados pontos estratégicos, em razão da dimensão e da centralidade dos parques têxteis para o funcionamento da economia nacional. A China não é apenas o maior produtor de algodão, mas também o maior processador, exportador e importador da fibra (SH2 52). Apesar de haver estimativas, não se sabe ao certo o volume estocado da fibra natural chinesa, mas acredita-se que o país, caso exporte grande quantidade de seus estoques, poderia definir de forma arbitrária o preço da *commodity* no mercado internacional.

Para os Estados Unidos, que, em 2021, foram o terceiro maior exportador de algodão (SH2 52), e o primeiro, considerando apenas o tipo de algodão não cardado nem penteado (SH4 52.01), a política comercial internacional agrícola é resultante, principalmente, da fina sintonia entre o Congresso estadunidense, a Representação Comercial dos Estados Unidos (United States Trade Representative – USTR) e o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA). Essa relação permite ao país se adequar aos diversos cenários (organizações internacionais, acordos bilaterais e regionais) para projetar no âmbito externo suas políticas domésticas com as demandas e os interesses que elas defendem a partir da mobilização da sociedade junto ao Poder Legislativo (Abrapa, 2004).

Em 2005, a Organização Mundial do Comércio (OMC) entendeu que o programa federal do governo estadunidense subsidiava os exportadores da fibra, beneficiando os produtores locais e, portanto, infringindo as normas dos acordos multilaterais de comércio. Em 2009, o Brasil obteve vitória no contencioso do algodão na OMC, podendo retaliar produtos norte-americanos de forma direta e cruzada. A retaliação direta seria feita por aumento de tarifa de importação de bens. A retaliação cruzada envolveria a quebra de patentes do setor farmacêutico dos Estados Unidos pelos laboratórios públicos nacionais. O acordo assinado entre Brasília e Washington finalizou a disputa de mais de uma década sobre a questão dos subsídios concedidos aos produtores de algodão norte-americanos, com pagamento de US$ 300 milhões dos Estados Unidos ao Brasil para que não fosse aberto um novo painel na OMC. Os valores foram repassados ao Instituto Brasileiro do Algodão (IBA) como compensação aos produtores brasileiros que foram afetados pela legislação agrícola norte-americana (Brasil, 2014).

4 RECONFIGURAÇÕES DA PRODUÇÃO E INSERÇÃO EXTERNA DO ALGODÃO E TÊXTEIS BRASILEIROS

O cultivo do algodão não é um episódio novo na historiografia econômica brasileira. Desde os tempos coloniais, tem-se registro da destinação da fibra natural, na época de baixa qualidade, aos mercados externos europeus, como ocorreu com as exportações de algodão da capitania do Maranhão, na segunda metade do século XVII (Rodrigues, 2015). Com o passar dos séculos, a produção brasileira da fibra natural sofreu altos e baixos. No entanto, nas últimas décadas, a produção do algodão foi se deslocando das regiões tradicionais de plantio, como o Nordeste, o Sudeste (em especial São Paulo) e o Paraná, e se concentrando no estado de Mato Grosso e em municípios do extremo oeste baiano (Oliveira e Gasques, 2019).

Em razão da adoção de variedades adaptadas ao clima tropical e novas técnicas de manejo de pragas e doenças, o Brasil tornou-se, nos últimos anos, um dos principais produtores e exportadores da fibra natural. As exportações

brasileiras de algodão (SH2 52) cresceram de US$ 438,6 milhões, em 2000 (a preço de 2022, equivalente ao valor nominal de US$ 264,8 milhões em 2000), para US$ 3,89 bilhões, em 2022. No mesmo período, o volume exportado aumentou de 93,6 mil toneladas líquidas para 1,85 milhão de toneladas. No biênio 2020-2021, o volume das vendas de algodão que o Brasil destinou para o exterior superou 2 milhões de toneladas anuais, de acordo com consulta ao Comex Stat.

A cotonicultura brasileira é marcada pelas grandes propriedades, pelo intensivo emprego de tecnologia, pelo plantio majoritariamente sem irrigação e pela alta produtividade da cultura (Alcantara, Vedana e Vieira Filho, 2022). Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) para 2021, a produção brasileira de algodão em caroço foi de 6,26 milhões de toneladas, das quais 2,55 milhões de toneladas foram referentes à produção de algodão em pluma e 3,71 milhões de toneladas, à de caroço de algodão. No mesmo ano, a área plantada destinada à cultura algodoeira no Brasil foi de 1.600,4 mil hectares, com destaques para as produtividades do algodão em caroço brasileiro, com 3.915 kg/ha, do algodão em pluma (1.593 kg/ha) e a do caroço do algodão (2.321 kg/ha) (Conab, 2022).

Devido às pressões dos importadores nos últimos anos em garantir a sustentabilidade social e ambiental dos produtos agrícolas brasileiros, a qualidade e a rastreabilidade do algodão brasileiro avançaram significativamente. É possível identificar a origem da fibra e a beneficiadora de cada fardo da pluma (via QR *code*), além de serem realizados testes a partir das amostras de cada fardo prensado (Abrapa, 2017).

A tabela 1 permite acompanhar como se deu a mudança no perfil das vendas externas dos subprodutos da fibra natural brasileira, considerando desde 2000 até 2022. Todos os dados comerciais foram deflacionados, sendo 2022 o ano-base. Em 2000, prevaleceram as exportações brasileiras de tecidos de algodão nas suas várias formas, que juntas somaram, em valores reais (a preços de 2022), US$ 298,6 milhões, montante equivalente a 68,1% do total das vendas de algodão realizadas pelo país no ano. Os fios de algodão também tiveram uma participação importante, ocupando a segunda posição no *ranking* das exportações do algodão brasileiro, com um total de US$ 82,9 milhões em vendas externas e 18,9% de participação. Na terceira posição estão as exportações nacionais de algodão nas formas não cardada nem penteada, que somaram US$ 53,7 milhões e 12,2% de participação. Os demais subprodutos, como as linhas, os desperdícios e o algodão cardado ou penteado, foram inferiores, individualmente, a 1% do total exportado de algodão pelo país, em 2000.

TABELA 1
Evolução do perfil das exportações brasileiras de algodão (SH2 52), classificadas por subprodutos (SH4)

SH4	Descrição	2000		2010		2020		2022	
		US$	%	US$	%	US$	%	US$	%
52.01	Algodão (não cardado nem penteado)	53.690.902	12,2	1.087.177.678	82,4	3.598.115.635	97,2	3.676.392.802	94,5
52.09 52.08 52.11 52.10 52.12	Tecidos de algodão	298.586.920	68,1	217.364.062	16,5	79.881.773	2,2	170.957.316	4,4
52.05 52.07 52.06	Fios de algodão (exceto linhas para costurar)	82.915.393	18,9	11.609.044	0,88	11.402.101	0,31	30.125.128	0,77
52.02	Desperdícios de algodão	810.541	0,18	611.633	0,05	11.536.549	0,31	13.222.038	0,34
52.04	Linhas para costurar (de algodão)	2.658.524	0,61	2.923.570	0,22	584.055	0,02	901.170	0,02
52.03	Algodão (cardado ou penteado)	0	0	33.517	0,003	76.298	0,002	202.001	0,01
Total		**438.662.280**	**100**	**1.319.719.503**	**100**	**3.701.596.411**	**100**	**3.891.800.455**	**100**

Fonte: Comex Stat/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços.
Elaboração dos autores.
Obs.: Valores monetários a preços de 2022 e *free on board* (FOB).

Os dados de 2010 indicam mudanças significativas no perfil das exportações dos subprodutos do algodão brasileiro. Entre 2000 e 2010, houve um massivo incremento das exportações e, consequentemente, da participação do algodão não cardado nem penteado (SH4 52.01) no comércio externo da fibra natural brasileira. As exportações nacionais do produto, nas formas não cardada nem penteada, totalizaram US$ 1,09 bilhão (a preços constantes), volume que representou uma participação de 82,4% no total exportado de algodão pelo Brasil no ano.

Em 2020, os movimentos de forte expansão do volume exportado de algodão brasileiro e de concentração das vendas da *commodity* agrícola nas formas não cardada nem penteada se acentuaram ainda mais. As vendas externas da fibra natural, na forma especificada (SH4 52.01), totalizaram US$ 3,6 bilhões positivos ao Brasil, montante que correspondeu a 97,2% do total exportado do produto pelo país. Os demais subprodutos do algodão tiveram uma participação

relativa bastante baixa. Nos últimos anos, a fibra natural não cardada nem penteada passou a ocupar uma posição de destaque nas exportações agrícolas brasileiras e a previsão é que a *commodity* agrícola se mantenha comercialmente relevante nos anos vindouros, em razão da forte demanda asiática.

Como foi possível observar, as exportações brasileiras de algodão do tipo não cardado nem penteado tornaram-se muito superiores a todos os demais subprodutos do algodão vendidos pelo Brasil para os mercados internacionais. Os dados do ITC sustentam que, em 2021, o Brasil ocupou a segunda posição no *ranking* das vendas globais de algodão do tipo não cardado nem penteado (SH4 52.01). No mesmo ano, as exportações nacionais da fibra natural, na forma especificada, totalizaram US$ 3,4 bilhões, montante equivalente a 18,7% do total transacionado da *commodity* no mundo, que fechou 2021 com US$ 18,2 bilhões movimentados (ITC, 2022).

Em 2021, de acordo com os dados do Comex Stat, o volume de algodão não cardado nem penteado exportado pelo Brasil foi equivalente a 2 milhões de toneladas, montante suficiente para movimentar mais de 100 mil contêineres de 40 pés, carregados cada um com 19,5 toneladas de pluma de algodão. Em 2022, o volume exportado da fibra não cardada nem penteada foi de 1,8 milhão de toneladas, mas o preço médio da tonelada da *commodity* subiu em relação ao ano anterior, saltando de US$ 1.688 por tonelada em 2021 para US$ 2.038 por tonelada em 2022. O produto brasileiro – destinado majoritariamente às economias asiáticas – vem ganhando rapidamente *market-share* em relação aos demais concorrentes internacionais.

Os dois últimos decênios foram marcados por um considerável aumento no volume e na participação das exportações brasileiras de algodão não cardado nem penteado e, em contrapartida, por uma forte redução da participação dos demais subprodutos, em especial das exportações de tecidos de algodão de origem brasileira. Como demonstrado, a participação dos tecidos de algodão nas vendas da fibra brasileira sofreu declínio, passando de 68,1% em 2000 para 16,5% na década seguinte e, por fim, para 2,2% em 2020.

A mudança no perfil das exportações brasileiras de produtos da cadeia do algodão indica que, apesar do aumento da produtividade e da alta produção nacional da cultura, houve um enfraquecimento do parque têxtil nacional. O setor têxtil do Brasil sofreu nos últimos anos com a falta de estímulo e a forte concorrência asiática. Ainda sobre o perfil das exportações brasileiras de produtos e subprodutos da cadeia algodoeira, cumpre observar que o principal importador de algodão do Brasil, a China, adota uma política industrial de importar *commodities* não processadas, estimulando o beneficiamento e a consequente agregação de valor e geração de empregos pelas manufaturas chinesas.

É cada vez mais assertivo o entendimento de que o mercado asiático é estratégico para o crescimento das exportações da fibra natural brasileira. Em 2022, as vendas brasileiras de algodão não cardado nem penteado para o continente asiático totalizaram US$ 3,18 bilhões. Somente a Ásia (excluídas as nações do Oriente Médio) foi responsável por demandar 86,4% de todo o algodão não cardado exportado pelo Brasil no ano. Por esta razão e buscando consolidar ainda mais sua posição no continente, foi criado o projeto Cotton Brazil, de promoção às exportações do algodão brasileiro, realizado pela Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (Abrapa) em parceria com a Associação Nacional dos Exportadores de Algodão (Anea) e a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (ApexBrasil), e com o suporte das embaixadas brasileiras na Ásia e de adidos agrícolas do Ministério da Agricultura do Brasil. Destacou-se, no âmbito da política de internacionalização da iniciativa, a abertura de um escritório em Singapura, em 2020, voltado para a promoção de exportações de algodão brasileiro em nove mercados prioritários asiáticos, a saber: o mercado chinês, o vietnamita, o paquistanês, o turco, o indonésio, o bangladês, o malásio, o sul-coreano e o tailandês.

Enquanto o mercado asiático tornou-se o principal destino das exportações brasileiras de algodão (SH4 52.01), alguns países da América do Sul seguem sendo os principais compradores dos subprodutos da fibra natural brasileira. Mesmo com um volume de vendas bem mais modesto do que o de algodão não cardado nem penteado, as exportações de fios, linhas e tecidos de algodão brasileiras destinadas ao abastecimento das economias sul-americanas são importantes e podem ganhar escala se bem articuladas com políticas de estímulo e reindustrialização do setor têxtil nacional. Parte do desafio brasileiro na cadeia têxtil do continente é tornar o produto nacional competitivo em relação aos produtores asiáticos que, apesar de estarem geograficamente distantes, seguem suprindo boa parte das demandas de tecidos, fios e linhas dos países da América do Sul, América Latina e Caribe. A viabilização dos corredores bioceânicos pode dar novo impulso às exportações brasileiras de tecidos e coprodutos de algodão aos países fronteiriços, facilitando – também – a logística das exportações para os mercados latino-americanos e caribenhos e inserindo o produto brasileiro de maneira mais competitiva em terceiros mercados.

5 NOVA DINÂMICA ALGODOEIRA NO BRASIL: O PROTAGONISMO DE MATO GROSSO E DO EXTREMO OESTE BAIANO

O Mato Grosso é o centro produtivo das principais *commodities* do competitivo setor agropecuário brasileiro, sendo o maior responsável pelo impulso do setor algodoeiro e das exportações nacionais da fibra natural. O estado é o maior produtor e exportador brasileiro de soja (SH4 12.01), de milho (SH4 10.05) e de outras culturas. Em relação ao algodão, sua liderança é ainda mais acentuada, seja na produção ou nas

exportações da *commodity*. Em 2022, a economia mato-grossense foi responsável por 68% das vendas internacionais do algodão brasileiro (SH4 52.01); o algodão não cardado foi o quinto produto mais exportado pelo estado. Várias cidades mato-grossenses, muitas delas de fundação recente, destacam-se pelo volume das exportações da fibra natural. No ano considerado, de acordo com dados do Comex Stat, as exportações de pluma de algodão do estado totalizaram US$ 2,5 bilhões (1,25 milhão de toneladas), lideradas pelos municípios de Sapezal (US$ 460 milhões), Campo Verde (US$ 447,7 milhões), Rondonópolis (US$ 141 milhões), Campo Novo do Parecis (US$ 135,1 milhões), Primavera do Leste (US$ 120,1 milhões), Diamantino (US$ 112,4 milhões) e outros.

Outros municípios que são destaques das exportações nacionais de algodão na forma não cardada nem penteada estão situados na mesorregião do extremo oeste baiano, na porção localizada a oeste do rio São Francisco. Em 2022, as cidades baianas de Luís Eduardo Magalhães (US$ 245,1 milhões), Barreiras (US$ 182,5 milhões), Correntina (US$ 81,9 milhões) e São Desidério (US$ 72,2 milhões) lideraram as vendas internacionais do segundo principal estado exportador da fibra natural, a Bahia. Também constaram na lista dos municípios baianos exportadores de algodão Jaborandi, Formosa do Rio Preto e Cocos, segundo consulta ao Comex Stat.

Para esses municípios do Centro-Oeste brasileiro e do extremo oeste baiano, a produção algodoeira é central em termos socioeconômicos, em razão da geração de emprego e renda aos trabalhadores do setor e de atividades associadas à cotonicultura, sobretudo as vinculadas ao processamento da fibra natural.

6 DESAFIOS LOGÍSTICOS DO ESCOAMENTO DO ALGODÃO: CORREDORES BIOCEÂNICOS E ACESSO AO PACÍFICO

A logística de transporte dos fardos de pluma de algodão quase sempre se dá via modal rodoviário até as áreas próximas do porto de Santos, infraestrutura que concentra quase a totalidade das exportações brasileiras do produto. O transporte da *commodity* também pode se dar de maneira alternativa, como ocorre na cidade de Rondonópolis (Mato Grosso), onde os fardos são conteinerizados e transportados por 1.500 km pelo modal ferroviário, também na modalidade *double-stack*, até o terminal de Santos e cidades adjacentes como Cubatão.

Diferentemente da logística das exportações brasileiras de granéis sólidos, como a soja (SH4 12.01) e o milho (SH4 10.05), cujos embarques para o exterior se distribuem pelas várias infraestruturas portuárias atlânticas nacionais, desde os terminais tradicionais das regiões Sul e Sudeste do Brasil aos dinâmicos portos amazônicos situados no Arco Norte, o algodão, em razão de suas particularidades de carregamento e transporte, concentra o embarque de quase toda a produção nacional destinada aos mercados internacionais em uma única infraestrutura portuária, o porto de Santos.

O terminal portuário santista registrou, em 2022, 98,9% de todas as exportações nacionais de algodão, nas formas não cardada nem penteada. Também é importante destacar que, desde 2015, mais de 90% dos registros de saída das exportações brasileiras da fibra natural na forma especificada foram realizados via Santos. Apesar da predominância do porto santista, sobretudo nos últimos anos, cabe mencionar que algumas unidades da Receita Federal das cidades de Paranaguá e Foz do Iguaçu também registraram, em anos anteriores, algumas saídas do algodão (não cardado nem penteado) brasileiro para o exterior, como pode ser verificado no Comex Stat.

A importância do porto de Santos para o escoamento das *commodities* agrícolas brasileiras tem sido uma constante durante as últimas décadas. O terminal santista é a principal infraestrutura de escoamento da soja, do milho e de muitos outros produtos nacionais. Contudo, apesar de sua liderança em relação aos demais terminais de embarque, a participação de Santos é bem mais modesta para as exportações brasileiras de soja e milho do que em relação ao algodão. Em 2022, por exemplo, 32,5% de toda a soja e 35,9% de todo o milho exportados pelo Brasil registraram sua saída pelo terminal santista. Para as exportações de ambos os grãos, há outros importantes terminais de embarque que se destacam e dividem o protagonismo dos registros de saídas, como os portos de São Luís (Maranhão), Paranaguá (Paraná), Belém (Pará), Santarém (Pará) e Rio Grande (Rio Grande do Sul). Em síntese, por não se concentrar em uma única infraestrutura, a logística de escoamento da soja e do milho é bem diferente das exportações nacionais de algodão.

Em média, um contêiner *dry* de 40 pés utilizado no transporte marítimo da *commodity* é carregado com 19,5 toneladas da pluma de algodão, peso referente a 80-90 fardos da fibra embalada (ITC, 2007). A utilização de contêineres para o transporte marítimo das plumas de algodão exportadas justifica-se por ser um produto altamente inflamável (UN, 2019). No caso das exportações do Mato Grosso, em um cenário hipotético no qual 50% das vendas da pluma embarcadas pelo porto de Santos (cerca de 1,445 milhão de toneladas em 2021) fossem escoadas pela costa peruana e chilena, a escala das exportações viabilizaria a utilização permanente dos corredores bioceânicos. Considerando tal cenário, estima-se que seria necessário o transporte de mais de 37 mil contêineres de 40 pés, carregados com 19,5 toneladas líquidas de pluma de algodão, ou seja, um fluxo diário potencial – da fibra brasileira em direção à costa pacífica – superior a cem caminhões de algodão por dia (Barros *et al.*, 2022, p. 10), em consonância com dados do Comex Stat.

A tabela 2 permite dimensionar o fluxo diário potencial das exportações brasileiras de algodão (SH4 52.01), considerando a plena viabilidade das rotas bioceânicas até os portos do Pacífico sul-americano e a adaptação necessária dos terminais às cargas brasileiras.

TABELA 2
Cenários hipotéticos referentes ao fluxo diário das exportações brasileiras de plumas de algodão, considerando viáveis as alternativas logísticas de escoamento pelo Pacífico e as adaptações portuárias necessárias (2022)

Algodão não cardado nem penteado (SH4 52.01)			
Exportações escoadas pelo Pacífico (%)	**Total exportado (t)**	Número de contêineres de 40 pés (19,5 t)	Fluxo potencial diário de unidades
100	**1.803.737**	92.499	253
50	**901.869**	46.250	127
40	**721.495**	37.000	101
30	**541.121**	27.750	76
20	**360.747**	18.500	51
10	**180.374**	9.250	25
5	**90.187**	4.625	13

Fonte: Comex Stat/Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços.
Elaboração dos autores.

Da mesma forma é possível observar, por exemplo, o cenário hipotético em que 10% do total das exportações de algodão não cardado realizadas pelo Brasil, em 2022, fosse escoado pelos terminais portuários do Pacífico sul-americano. Neste caso, o volume de mercadoria transportada seria suficiente para movimentar 9.250 contêineres de 40 pés (19,5 toneladas) ao ano, o que equivale a 25 unidades diárias. Outros cenários – mais ou menos favoráveis – também podem ser conferidos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até o presente momento, o forte salto produtivo da cotonicultura no Brasil e a crescente importância da fibra natural para o comércio exterior brasileiro não foram acompanhados pela diversificação das infraestruturas logísticas de escoamento das exportações da *commodity* (de fato, o capítulo 4 comprovou que a produção de algodão se tornou relevante no mercado internacional). Ao contrário, nas duas últimas décadas, houve grande concentração das exportações de algodão por Santos, onde se localizam rotas marítimas consolidadas com o mercado asiático e onde há grande movimentação de contêineres. A fim de assegurar a competitividade do Brasil nas exportações de suas *commodities*, é fundamental avançar na viabilização de um conjunto de alternativas logísticas, como os corredores bioceânicos multimodais, que poderão conectar áreas interioranas altamente produtivas do Brasil aos terminais portuários do Pacífico sul-americano, distribuídos em diferentes latitudes do continente.

Parte do desafio da infraestrutura brasileira é propor políticas públicas para que os ganhos de produtividade da agricultura nacional sejam otimizados pela

criação de alternativas logísticas eficientes de escoamento dos produtos. O fato de não haver um plano nacional de escoamento de *commodities* que possa contornar os gargalos da infraestrutura brasileira e dotar o produto nacional de maior competitividade no mercado externo é um ponto fundamental que merece uma agenda e cronograma próprios.

A abertura de vias no Pacífico sul-americano, aptas para o escoamento de parte das volumosas exportações brasileiras, poderá potencializar o adensamento do fluxo de cargas ao longo das rotas bioceânicas, consolidando ainda mais as alternativas logísticas de escoamento da produção nacional via costa chilena e peruana.

Nesse sentido, a logística das exportações brasileiras de algodão (e seus coprodutos industriais do setor têxtil) via corredores bioceânicos e portos no Pacífico sul-americano também poderá estimular a venda de outros produtos produzidos no Brasil, como as proteínas animais. Sua dinâmica também poderá promover um interessante fluxo de importações de produtos complementares, oriundos dos mercados sul-americanos, como frutos do mar, peixes, vinhos, azeitonas e azeites, produtos lácteos, frutas, insumos para fertilizantes, lítio, sal, entre outros.

A pequena cidade peruana de Iñapari, por exemplo, situada no departamento de Madre de Dios e fronteiriça à cidade brasileira de Assis Brasil (Acre), recebe em seus pequenos comércios produtos advindos da capital Lima. O interessante é que o município se encontra na Amazônia peruana e, portanto, a leste dos Andes e do Pacífico. Em tese, se Iñapari pode receber produtos da região metropolitana de Lima, Assis Brasil e outras cidades do Acre, Rondônia e partes do Mato Grosso, que apresentam acentuado crescimento econômico, também podem fazê-lo.

Viabilizar um conjunto de corredores bioceânicos que estimulem o comércio intrarregional sul-americano e o acesso direto aos dinâmicos mercados asiáticos deve, portanto, ser uma das prioridades na agenda positiva dos temas regionais. É fundamental ressaltar que os corredores bioceânicos são infraestruturas de interconexão não concorrentes. Por serem complementares, podem conformar uma rede interoceânica de infraestrutura multimodal e logística na América do Sul. Seu êxito permitirá ao Brasil, e aos demais países sul-americanos, superar o antagonismo Atlântico-Pacífico e reverter parte do histórico déficit regional de infraestrutura, que há tempos onera o preço final dos produtos do continente, devido aos altos custos logísticos do transporte de bens destinados à exportação e das importações de insumos estratégicos fundamentais à produção agrícola e à pecuária.

A intensificação dos fluxos circulares intrarregionais impulsionados pelos corredores bioceânicos pode transformar a economia de regiões longínquas das tradicionais áreas costeiras de ocupação, do Atlântico e Pacífico. A evolução

recente da produção e distribuição do algodão no Brasil apresenta elementos *sine qua non* para liderar o acesso do agronegócio brasileiro aos mercados do Pacífico via portos do Chile e Peru.

REFERÊNCIAS

ABRAPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **A saga do algodão**: das primeiras lavouras à ação na OMC. Rio de Janeiro: Abrapa, 2004.

_____. **A cadeia do algodão brasileiro**: desafios e estratégias (2011-2012). Brasília: Abrapa, 2012.

_____. **A cadeia do algodão brasileiro**: safra 2016-2017 – desafios e estratégias. Brasília: Abrapa, 2017.

ALCANTARA, I. R.; VEDANA, R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Produtividade do algodão no Brasil**: uma análise da mudança estrutural. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. (Texto para Discussão, n. 2682).

_____. O caso emblemático da produção de algodão no Brasil de 1974 a 2019. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 54, n. 2, p. 139-155, 2023.

BARROS, P. S. *et al*. **Corredor bioceânico de Mato Grosso do Sul ao Pacífico**: produção e comércio na rota da integração sul-americana. Campo Grande: Uems, 2020.

BARROS, P. S. *et al*. **A ponte do Abuná e a integração da Amacro ao Pacífico**. Brasília: Ipea, 2021a. (Nota Técnica, n. 35).

BARROS, P. S. *et al*. **Transformaciones geoeconómicas en América del Sur**. Montevideo: Aladi; CAF, 2021b.

BARROS, P. S. *et al*. **A dinâmica recente do algodão no Mato Grosso**: possibilidades de exportação para o Peru e a Ásia-Pacífico. Brasília: Ipea, 2022. (Nota Técnica, n. 48).

BARROS, P. S.; SEVERO, L. W.; CARNEIRO, H. C. **Red interoceánica en América del Sur**: corredores bioceánicos y el rol de los estados articuladores. Santiago: UN; CEPAL, 2022. (Boletín Facilitación, Comercio y Logística en América Latina y el Caribe, n. 392).

BRASIL. **Memorando de entendimento relativo ao contencioso do algodão** (**WT/DS267**). Washington: IBA, 1º out. 2014. Disponível em: <http://www.iba-br.com/uploads/biblioteca/77_pt_br.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2022.

CEPAL – COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. **Horizonte 2030**: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible. Santiago do Chile: CEPAL, 2016.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Algodão**: séries históricas. Brasília: Conab, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/898-algodao>. Acesso em: 23 dez. 2022.

COUTO, L. F. **Desenvolvimento, integração e assimetrias**: caminhos e descaminhos da aproximação regional na América do Sul. 2012. Tese (Doutorado) – Instituto de Relações Internacionais, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília: Embrapa, 2018.

GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. A nova geografia da agropecuária brasileira e os desafios logísticos. **Confins**: Revista Franco-Brasileira de Geografia, n. 50, 2021.

ITC – INTERNATIONAL TRADE CENTRE. **Product and market development**: cotton export's guide. Geneva: ITC; UNCTAD, 2007.

_____. **Trade map**. Geneva: ITC, 2022. Disponível em: <https://intracen.org/resources/tools/trade-map>. Acesso em: 18 dez. 2022.

OLIVEIRA, D. V.; GASQUES, J. G. Produção e economia regional. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R. *et al*. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019.

RODRIGUES, J. C. J. Algodão no Brasil: mudança, associativismo e crescimento. *In*: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília: Abrapa, 2015.

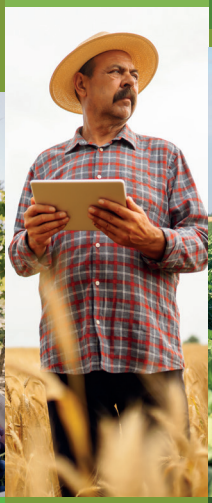
SEVERINO, L. S. *et al*. **Algodão**: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília: Embrapa, 2019. (Série Desafios do Agronegócio Brasileiro). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1109655/1/SerieDesafiosAgronegocioBrasileiroNT3Algodao.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2022.

UN – UNITED NATIONS. **Recommendations on the transport of dangerous goods**: model regulations. 21st ed. Geneva: UN, 2019. v. 1.

VIEIRA FILHO, J. E. R. A fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: Ipea, 2016.

PARTE 3

Políticas públicas e sustentabilidade produtiva



CAPÍTULO 9

AGRONEGÓCIO NO CONGRESSO NACIONAL: MARCOS LEGAIS E PRINCIPAIS PROPOSIÇÕES LEGISLATIVAS

Marcus Peixoto[1]

1 INTRODUÇÃO

Para compreender as leis, como e por que elas são constituídas, é necessário conhecer o ambiente político e institucional em que o processo legislativo se desenvolve. Igualmente, é necessário entender que a elaboração legislativa depende não apenas dos grupos de interesse representados por cada formulador de política pública, mas também da visão de mundo desse agente público e das pessoas que o cercam e assessoram, todos influenciados por sua formação profissional e suas experiências de vida.

Quando se pensa em elaboração legislativa voltada para o desenvolvimento do setor agropecuário, termo que, de forma limitada, designa apenas um setor da economia, é importante delimitar quais conceitos ou abordagens teóricas do desenvolvimento se pretende adotar. Isso porque não se pode nem se deve pensar em formulação ou alteração de marcos legais voltados para um determinado setor de atividade econômica de forma dissociada dos impactos sociais, econômicos e ambientais, pois o ambiente em que esse setor atua é complexo, dinâmico e interativo, em todos os aspectos.

Dessa forma, os termos rural e urbano, frequentemente encontrados na legislação, embutem uma concepção macrogeográfica, muito simplificadora e não necessariamente sistêmica do desenvolvimento. Afinal, o que define o que é área rural e urbana, no caso brasileiro, é a legislação municipal, uma vez que é competência dos municípios definir em seus planos diretores os limites de sua área urbana, sobre a qual lhes é permitido coletar o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Sendo assim, será urbana a área municipal administrativamente instituída e que lhe proporcione melhores perspectivas de arrecadação tributária. Não será uma delimitação que considere os aspectos dinâmicos e complexos das interações socioeconômicas rurais e urbanas, e muito menos uma perspectiva do desenvolvimento no longo prazo. Aliás, a classificação e a caracterização dos espaços rural e urbano variam de um país para outro (IBGE, 2017). Essas diferenças, conceituais e geográficas, naturalmente, afetam o texto dos marcos legais brasileiros

1. Engenheiro agrônomo; doutor em ciências sociais em agricultura, desenvolvimento e sociedade; e consultor legislativo do Senado Federal. *E-mail*: <marcus.peixoto@senado.leg.br>.

que tratam dos diversos aspectos do desenvolvimento rural e, consequentemente, o impacto legislativo dessas leis.

O conceito, ou a abordagem, também pode ser essencialmente geográfico, caso em que se estabelecem marcos legais de desenvolvimento regional, territorial, local (municipal, comunitário etc.) ou de microbacias hidrográficas. Pode, ainda, ser estratégico, quando se fala de desenvolvimento integrado ou sustentável, setorial ou econômico: agrícola, agropecuário, industrial, agrário, do setor primário, secundário ou terciário.

Qualquer que seja o enfoque conceitual ou teórico, para o caso brasileiro, é importante compreender que as políticas públicas podem ser de Estado, quando passam pelo crivo final do Poder Legislativo, e de governo, ou seja, do Poder Executivo (quando independem de análise do Poder Legislativo, seja em âmbito federal, estadual ou municipal).

Outro aspecto importante a se considerar, quanto à iniciativa de apresentar e debater proposições legislativas, é que há uma hierarquia dos marcos regulatórios e atos normativos que deve ser rigorosamente obedecida. A Constituição Federal de 1988 (CF/1988) é, assim, a nossa chamada Carta Magna, a mãe de todas as leis. Estados também têm suas constituições e leis, bem como municípios têm sua lei orgânica, subordinando a ela as leis municipais. Subordinadas à CF/1988 e às leis, têm-se as normas infralegais: decretos (presidenciais, de governo estadual ou municipal), instruções normativas, portarias, resoluções, normas técnicas (emitidas por órgãos de Estado, com competências de regulação, geralmente estabelecidas em lei) e, ainda, atos administrativos de diversos tipos.

Normas podem estabelecer, ainda, direitos e deveres para todos os atores sociais e econômicos, sejam pessoas físicas (cidadãos) ou jurídicas. Também podem dispor sobre ações (planos, programas, projetos) etc. Definem obrigações do Estado e dos governos/governantes, os limites da atuação governamental e mecanismos de regulação dos mercados. Enfim, normas são instituições que condicionam o processo de desenvolvimento.

Atualmente, algumas políticas públicas têm previsão legal da sua avaliação, mas não é o caso da grande maioria. Muitas têm sido avaliadas nos últimos anos por iniciativa política do gestor público, por atribuição institucional ou por determinação normativa infralegal, utilizando metodologias diversas. Universidades, públicas e privadas, e várias outras instituições públicas ou privadas fazem avaliações. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) são exemplos de instituições públicas que regularmente fazem pesquisas associadas à avaliação de políticas públicas.

A Emenda Constitucional (EC) nº 109, de 2021, entre diversos outros dispositivos, inseriu no § 16 do art. 37 da CF/1988 a determinação de que "os órgãos e entidades da administração pública, individual ou conjuntamente, devem realizar avaliação das políticas públicas, inclusive com divulgação do objeto a ser avaliado e dos resultados alcançados, na forma da lei" (Brasil, 2021). Até o momento de elaboração deste texto, havia sete projetos de lei (PLs) em tramitação,[2] os quais provavelmente estabelecerão princípios e procedimentos, como o uso de bases de dados oficiais, comuns para o monitoramento e a avaliação de todas as políticas públicas, nos três Poderes e nos três níveis de governo.

Foge ao escopo deste capítulo avaliar ou revisar a bibliografia dedicada à avaliação de políticas públicas. Entretanto, entende-se que a avaliação sistemática de sua execução é fase essencial do ciclo da política pública – tanto para a avaliação de impacto regulatório, realizada antes (*ex ante*) da elaboração legislativa, quanto para a avaliação de impacto legislativo, realizada após (*ex post*) a implementação da política pública – e, assim, fundamental para orientar o gestor no seu planejamento e na sua melhor implementação, bem como o é para o formulador da política pública, caso seja necessária a alteração do seu marco normativo.

Este capítulo visa, por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental, de objetivo descritivo, apresentar os principais marcos legais (leis ordinárias federais) e os decretos presidenciais mais importantes que condicionam e regulam o desenvolvimento rural e as cadeias produtivas de que participam os setores agropecuário, florestal, pesqueiro e aquícola, e que se relacionam com o texto constitucional. São apresentadas também as principais proposições legislativas – PLs e propostas de emenda à Constituição (PECs) – que podem alterar significativamente os marcos legais em questão e impactar os setores mencionados. Além de buscas de conteúdo e referências na internet e em bibliografia não digitalizada, foram pesquisados os portais LexML do Senado Federal, da Câmara dos Deputados, do Banco Central e da Presidência da República.

Para melhor entendimento do leitor, opta-se por apresentar os principais marcos legais, seguidos das principais proposições legislativas em tramitação, a partir do seu papel na regulamentação dos dispositivos constitucionais que tratam da política agrícola e fundiária e da reforma agrária, no capítulo III, constante do título VII, da ordem econômica e financeira, da CF/1988. Não é o intuito, aqui, fazer uma análise aprofundada tanto dos marcos legais vigentes quanto das propostas legislativas em tramitação, o que demandaria muito mais reflexões. Pretende-se apenas convidar o leitor para um sobrevoo sobre como são reguladas as relações socioeconômicas que afetam o desenvolvimento rural e dos setores mencionados.

2. PLs nºs 61, 64, 1.017, 1.025, 1.031, 2.341 e 3.083, todos de 2022.

Isso posto, além desta introdução, este capítulo é composto por mais quatro seções. A segunda seção apresenta os marcos legais que regulamentam os dispositivos constitucionais que tratam da política fundiária e reforma agrária, e duas proposições legislativas em tramitação mais importantes que alteram duas dessas leis. Na terceira seção, são apresentados os marcos legais que disciplinam os incisos do art. 187 da CF/1988, que tratam da política agrícola, bem como são trazidos ao conhecimento do leitor os PLs mais relevantes que ora tramitam e alteram tais marcos, ora instituem novas leis. Na quarta seção abordam-se outros marcos legais sobre temas importantes não referenciados na CF/1988, e a quinta e última seção traz as considerações finais.

Antes de seguir adiante, é importante destacar que alguns dos PLs a seguir citados podem ter sido automaticamente arquivados, conforme o art. 332 do Regimento Interno do Senado Federal (Risf), por se encontrarem em tramitação há duas legislaturas.[3] Não obstante, a proposição pode ser desarquivada se requerida a continuidade de sua tramitação por um terço dos senadores, até sessenta dias após o início da primeira sessão legislativa[4] da legislatura seguinte ao arquivamento, e se aprovado o seu desarquivamento pelo plenário do Senado, e ter sua tramitação retomada, razão pela qual optou-se por manter a citação desses projetos. Ademais, mesmo que um projeto não seja desarquivado, texto idêntico ou semelhante pode ser novamente protocolado, seja na Câmara dos Deputados ou no Senado.

2 POLÍTICA FUNDIÁRIA E REFORMA AGRÁRIA NA CF/1988 E RESPECTIVOS MARCOS LEGAIS

O processo histórico e conjuntural que levou ao tratamento detalhado da questão agrária brasileira na CF/1988 já foi muito estudado (inclusive, o capítulo 3 discute a regularização fundiária e o aumento produtivo). Cumpre destacar, no entanto, que são os arts. 184, 185, 186 e 189 que tratam do cumprimento da função social da terra, dos processos de desapropriação por interesse social e de indenização e do recebimento de títulos de domínio ou de concessão de uso. O art. 188 trata da destinação de terras públicas e devolutas, e o art. 190, dos limites impostos à aquisição ou ao arrendamento de propriedade rural por pessoa física ou jurídica estrangeira e dos casos que dependerão de autorização do Congresso Nacional.

A CF/1988 determina que esses dispositivos sejam regulamentados em lei ordinária, ou lei complementar (caso do procedimento contraditório especial, de rito sumário, para o processo judicial de desapropriação). Há, é claro, inúmeras leis que tratam da questão agrária no país, mas não é objetivo deste capítulo apresentar exaustivamente esses marcos legais. Assim, são relacionadas para o leitor

3. Uma legislatura dura quatro anos. A atual legislatura se inicia em 2023, e finda em 2026.

4. A sessão legislativa ordinária é o período de atividade normal do Congresso a cada ano, de 2 de fevereiro a 17 de julho e de 1º de agosto a 22 de dezembro.

a seguir, em ordem cronológica, as principais leis em vigor que regulamentam tais dispositivos, algumas anteriores e recepcionadas pela CF/1988, outras posteriores, muitas eventualmente alteradas após sua publicação.

- Lei nº 4.504, de 1964: conhecida como Estatuto da Terra, se propôs a regular "os direitos e obrigações concernentes aos bens imóveis rurais, para os fins de execução da reforma agrária e promoção da política agrícola" (Brasil, 1964).
- Lei nº 4.947, de 1966: trata de normas de direito agrário.[5]
- Lei nº 5.709, de 1971: trata da aquisição de imóvel rural por estrangeiros.[6]
- Lei nº 5.868, de 1972: institui o Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR).[7]
- Lei nº 6.383, de 1976: trata do processo discriminatório de terras devolutas da União.[8]
- Lei nº 6.739, de 1979: trata da matrícula e registro de imóveis rurais.[9]
- Lei nº 8.629, de 1993: conhecida como Lei Agrária, regulamenta disposições relativas à reforma agrária, tais como o rito de desapropriação para fins de reforma agrária, o grau de utilização da terra (GUT) e o grau de eficiência econômica (GEE), índices utilizados para atestar a exploração econômica e racional e que permitem classificar a propriedade rural como produtiva e, portanto, não passível de desapropriação.[10]
- Lei Complementar nº 76, de 1993: trata do rito sumário para desapropriação de imóvel rural.[11]
- Lei Complementar nº 93, de 1998: institui o Fundo de Terras e da Reforma Agrária (Banco da Terra).[12]
- Lei nº 11.952, de 2009: trata da regularização fundiária das ocupações da Amazônia Legal.[13]
- Lei nº 13.465, de 2017: altera as leis nº 8.629, de 1993, e nº 11.952, de 2009, para ampliar seu alcance geográfico e tratar também da regularização fundiária rural e urbana.

5. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4947.htm>.
6. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5709.htm>.
7. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5868.htm>.
8. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6383.htm>.
9. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6739.htm>.
10. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8629.htm>.
11. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp76.htm>.
12. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp93.htm>.
13. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11952.htm>.

Cumpre destacar, no entanto, que o fato de uma lei estar em vigor não significa que necessariamente todos os seus dispositivos devam ser cumpridos, sendo comum que o tratamento de determinado assunto por lei posterior promova a revogação tácita de dispositivos legais mais antigos. Por esta razão, a leitura e interpretação das leis devem ser articuladas, feitas com o devido cuidado e sem esquecer que a aplicação e efetividade dessas leis muitas vezes podem depender de vários outros fatores, como da regulamentação, seja por decretos presidenciais, instruções normativas ou portarias (que não são objeto deste capítulo), da necessidade e disponibilidade de recursos orçamentários, e da articulação dos atores públicos e privados responsáveis pela implementação da política pública. Em última instância, e quando for provocado nesse sentido, cabe ao Poder Judiciário a palavra final sobre a vigência e aplicação efetivas de determinado dispositivo legal.

O tema da reforma agrária já se encontra razoavelmente bem regulamentado como política de Estado, e sua execução depende do reconhecimento de demandas sociais e decisão política governamental para alocação de recursos orçamentários, humanos e institucionais. Não obstante, afloraram nas duas últimas décadas demandas de regularização fundiária, gargalo histórico na implementação de diversas outras políticas públicas de desenvolvimento.

Entre as proposições colocadas em debate e com capacidade de promover significativo impacto legislativo, destaca-se o PL nº 2.963, de 2019,[14] que regulamenta a aquisição, posse e o cadastro de propriedade rural por pessoa física ou jurídica estrangeira, revoga integralmente a Lei nº 5.709, de 1971, e ainda altera a Lei nº 6.015, de 1973[15] (Lei de Registros Públicos). Aprovado no Senado Federal em dezembro de 2020, esse PL tramita na Câmara dos Deputados apensado aos PLs nº 2.289 e nº 2.376, ambos de 2007, nº 3.483 e nº 4.240, ambos de 2008, nº 4.059, de 2012, nº 1.053, de 2015, e nº 2.964, de 2022. Em razão da distribuição para análise por mais de três comissões de mérito, aguarda criação de comissão especial para que seja designado o relator da matéria.

Há ainda o PL nº 2.633, de 2020,[16] que altera as leis nº 11.952, de 2009, nº 14.133, de 2021 (atual Lei de Licitações e Contratos Administrativos), e nº 6.015, de 1973 (que dispõe sobre os registros públicos), a fim de ampliar o alcance da regularização fundiária. Aprovado no final de 2020 na Câmara dos Deputados, onde o PL foi apresentado, tramita no Senado Federal em conjunto com o PL nº 510, de 2021, que trata do mesmo assunto.

14. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/136853>.
15. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6015compilada.htm>.
16. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/149358>.

3 POLÍTICA AGRÍCOLA NA CF/1988 E RESPECTIVOS MARCOS LEGAIS

O art. 187 da CF/1988, comparativamente aos demais artigos do mesmo capítulo III, trata de aspectos da política agrícola de forma sucinta, apesar da complexidade do tema. O artigo determina que a política seja planejada e executada na forma da lei (a depender de cada tema), envolvendo produtores e trabalhadores rurais, bem como aqueles dos setores de comercialização, de armazenamento e de transportes. Conforme o § 1º desse artigo, "incluem-se no planejamento agrícola as atividades agroindustriais, agropecuárias, pesqueiras e florestais" (Brasil, 2016, p. 114).

Um PL de iniciativa parlamentar resultou na publicação da Lei nº 8.171, de 1991,[17] conhecida como Lei Agrícola, que procurou dispor, de forma superficial, sobre diversos aspectos da política agrícola, dispostos nos oito incisos do art. 187 citado. No entanto, há diversos marcos legais em vigor mais importantes, relacionados a cada inciso, e há proposições legislativas que buscam alterar a legislação vigente, conforme será apresentado a seguir.

3.1 Inciso I: os instrumentos creditícios e fiscais

Diversas leis em vigor tratam da concessão de crédito e financiamento rural, muitas delas, embora antigas, tendo sofrido alterações recentes. Destacam-se, a seguir, tais leis.

- Lei nº 4.829, de 1965: Lei de Crédito Rural.[18]
- Decreto-Lei nº 167, de 1967: dispõe sobre títulos de crédito rural.[19]
- Lei nº 7.827, de 1989: institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO).[20]
- Lei nº 8.427, de 1992: trata da subvenção econômica nas operações de crédito rural.[21]
- Lei nº 8.929, de 1994: trata da Cédula de Produto Rural (CPR).[22]
- Lei nº 11.076, de 2004: dispõe sobre o Certificado de Depósito Agropecuário (CDA), o Warrant Agropecuário (WA), o Certificado de Direitos Creditórios do Agronegócio (CDCA), a Letra de Crédito do Agronegócio (LCA) e o Certificado de Recebíveis do Agronegócio.[23]

17. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm>.
18. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4829.htm>.
19. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0167.htm>.
20. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7827.htm>.
21. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8427.htm>.
22. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8929.htm>.
23. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11076.htm>.

- Lei nº 13.986, de 2020: institui o Fundo Garantidor Solidário (FGS); dispõe sobre o patrimônio rural em afetação, a Cédula Imobiliária Rural (CIR), a escrituração de títulos de crédito e a concessão de subvenção econômica para empresas cerealistas, e altera diversas outras leis.[24]
- Lei nº 14.130, de 2021: altera a Lei nº 8.668, de 1993 (que antes tratava apenas de Fundos de Investimento Imobiliário), para instituir e tratar do regime tributário do Fundo de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (Fiagro), e altera diversas outras leis.[25]

Há alguns poucos PLs relativamente interessantes que procuram alterar a legislação de crédito e financiamento rural. Destaca-se aqui o PL nº 10.499, de 2018,[26] que revoga a Lei de Crédito Rural de 1965 e institui novo marco legal sobre o tema. Tramita em conjunto com os PLs nºs 368, de 2019, 1.068, de 2019, 1.505, de 2019, 5.696, de 2019, 5.824, de 2019, 2.459, de 2021, 4.294, de 2021, 4.492, de 2021, 4.493, de 2021, 1.511, de 2023, e 1.941, de 2023, todos ainda sob análise da Câmara dos Deputados.

Destacam-se também o PL nº 1.861, de 2022,[27] da Comissão de Meio Ambiente do Senado Federal, e o PL nº 348, de 2021. O primeiro altera a Lei de Crédito Rural com o intuito de criar modalidade de crédito para o fortalecimento da agricultura familiar e de empreendimentos familiares rurais, para a garantia de recursos suficientes para o seu financiamento e para a dispensa de jovens rurais da apresentação de garantias. O PL nº 348, de 2021,[28] por sua vez, institui linha especial de crédito rural destinada ao financiamento de operações de investimento para pequenos e médios produtores rurais. Este último tramita na Câmara dos Deputados apensado aos PLs nºs 2.864, de 2021, 1.003, de 2022,[29] 1.306, de 2022, e 2.413, de 2022, todos tratando similarmente do tema, sendo que o PL nº 1.003, de 2022, propõe dispor, em lei, sobre o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf).

Embora criado inicialmente em 1995 pela Resolução nº 2.191, de 24 de agosto de 1995,[30] do Conselho Monetário Nacional (CMN), o Pronaf foi instituído pelo Decreto nº 1.946, de 28 de junho de 1996,[31] e, depois de sucessivas alterações, atualmente está disposto no Decreto nº 3.991, de 2001,[32] tendo suas linhas

24. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l13986.htm>.
25. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14130.htm>.
26. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2180568>.
27. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153905>.
28. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2269820>.
29. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2320332>.
30. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/1995/pdf/res_2191_v3_L.pdf>.
31. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d1946.htm>.
32. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d3991.htm>.

de crédito sido regulamentadas por resoluções do Banco Central do Brasil (BCB), consolidadas no Manual de Crédito Rural. Não obstante não ter sido criado em lei, várias leis ordinárias posteriores trataram de renegociação de dívidas oriundas do programa. Destaque-se, contudo, o arquivamento recente, no final de 2022, do Projeto de Lei do Senado (PLS)[33] nº 8, de 2012,[34] que alterava a Lei nº 11.326, de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais, para dispor sobre uma distribuição equitativa entre os estados de recursos públicos federais para a agricultura familiar e para os empreendimentos familiares rurais.

Muitas outras leis promoveram renegociações de dívidas rurais, contraídas por produtores que foram vítimas de quebras de safra decorrentes de eventos climáticos, pragas e doenças, sem cobertura de seguro rural ou do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro).[35] Não se pretende relacionar e discutir aqui tais leis, nem os PLs em tramitação que também promovem tais renegociações, apesar da importância do socorro proporcionado, por terem efetividade temporária.

Quanto aos instrumentos fiscais, citados no inciso I do art. 187 em questão, ressalte-se a existência de diversas leis que reduzem alíquotas ou concedem isenção de impostos federais, como o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), incidente sobre insumos e equipamentos destinados a uso pela agropecuária, com efeitos por todas as cadeias produtivas. Destaque-se ainda que leis estaduais ou convênios celebrados no âmbito do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) frequentemente resultam na redução de alíquotas ou isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), incidente sobre alimentos, por exemplo. No agregado, tais reduções ou isenções contribuem para a redução dos custos tributários das cadeias do agronegócio como um todo. Não cabe analisar aqui, no entanto, a legislação tributária e toda a sua complexidade.

3.2 Inciso II: os preços compatíveis com os custos de produção e a garantia de comercialização

Não são muitos os marcos legais que promovem garantia de preços e comercialização. No entanto, destacam-se os pontuados a seguir.

33. Até 2018 todos os projetos de lei ordinária iniciados no Senado Federal recebiam, nessa Casa, a sigla PLS, e ao chegar na Câmara, recebiam a sigla PL e outro número. A partir de 2019 unificaram-se as siglas adotadas, e a numeração das proposições passou a ser sequencial e a mesma para as duas Casas legislativas.

34. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/104090>.

35. O Proagro foi instituído pela Lei nº 5.969, de 12 de dezembro de 1973, que foi revogada pela Lei nº 12.058, de 2009, e passou a ser previsto apenas no Decreto nº 175, de 10 de julho de 1991, que regulamentava a lei, e detalhado em resoluções do CMN.

- Decreto-Lei nº 79, de 1966: conhecido como marco da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM), estabelece normas para a fixação, pelo CMN, de preços mínimos, e para execução das operações de financiamento e aquisição de produtos agropecuários e extrativos. A execução da PGPM atualmente está a cargo da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).[36]
- Lei nº 9.973, de 2000: dispõe sobre o sistema de armazenagem dos produtos agropecuários, seus derivados, subprodutos e resíduos de valor econômico.[37]
- Lei nº 11.947, de 2009: cria o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), em que 30% dos recursos oriundos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), que financia o programa, deverão ser utilizados na aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar e do empreendedor familiar rural ou de suas organizações, priorizando-se os assentamentos da reforma agrária, as comunidades tradicionais indígenas e comunidades quilombolas.[38]
- Medida Provisória nº 1.166, de 2023: revoga a Lei nº 14.284, de 2021, que criou o programa Alimenta Brasil, e reinstitui o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA).[39]

O PL nº 9.407, de 2017,[40] e o PL nº 930, de 2019,[41] que tramitam apensados na Câmara dos Deputados, alteram dispositivos da Lei nº 9.973, de 2000. Ainda nessa mesma Casa legislativa, tramita o PL nº 2.069, de 2021,[42] para criar o Regime Especial Tributário dos Silos (Resilos). Já no Senado Federal tramita o PL nº 4.676, de 2019[43] (oriundo da Câmara, como PL nº 9.999, de 2018), que estabelece a natureza facultativa da adesão ao sistema de certificação criado pelo atual Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa).[44]

Há em tramitação alguns PLs que alteram a PGPM, dos quais destacamos, na Câmara dos Deputados, o PL nº 7.698, de 2017,[45] para estabelecer que os preços mínimos deverão ser fixados por Unidade da Federação (UF), e o PL nº 764, de

36. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0079.htm>.
37. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9973.htm>.
38. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm>.
39. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Mpv/mpv1166.htm>.
40. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2166829>.
41. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2192487>.
42. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2285990>.
43. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/138281>.
44. Ainda que no governo Lula (2023-2026) o Mapa tenha "perdido" a função de abastecimento para o Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar, a sigla adotada, para fins exclusivos deste capítulo, ainda será Mapa.
45. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2138855>.

2019,[46] que estende a política aos produtos agrícolas perecíveis e aos produtos derivados de seu processamento. No Senado Federal, foi aprovado e encaminhado para análise da Câmara dos Deputados o PL nº 1.284, de 2019,[47] que propõe que os preços mínimos de produtos agropecuários sejam fixados em montante não inferior ao custo operacional de produção, assim entendido como o resultante da somatória do custo variável de produção com o custo da depreciação de máquinas, equipamentos e benfeitorias necessários ao sistema produtivo.

3.3 Inciso III: o incentivo à pesquisa e à tecnologia

Não há legislação específica que trate do incentivo à pesquisa agropecuária. Não se pode dizer que a Lei nº 5.851, de 1972, que criou a Embrapa, seja um marco legal de incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico do setor.

A Lei Agrícola possui um capítulo que trata da pesquisa agrícola, mas com apenas três artigos, o que é absolutamente inócuo, embora a lei autorize o Mapa a instituir o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), sob a coordenação da Embrapa, em convênio com estados, Distrito Federal, territórios, municípios, entidades públicas e privadas, universidades, cooperativas, sindicatos, fundações e associações. O SNPA, apesar de formalmente instituído pela Portaria nº 193, de 1992, do Mapa, nunca existiu de forma coordenada, na prática.

A Lei nº 10.973, de 2004,[48] bastante alterada pela Lei nº 13.243, de 2016, estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional do país, nos termos dos arts. 23, 24, 167, 200, 213, 218, 219 e 219-A da CF/1988. Trata-se do principal marco legal de desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) em vigor. Contudo, como seu regulamento é um tanto recente,[49] não foram encontrados estudos que apontassem para um impacto legislativo positivo dessa nova estratégia de financiamento de CT&I.

Aqui destaca-se, no entanto, o PL nº 6.417, de 2019,[50] que altera a Lei Agrícola para dispor sobre um novo SNPA. O PL não pretende eliminar os gargalos de financiamento das instituições de pesquisa do SNPA, mas articulá-las por meio da integração de todas as informações (publicações, dados etc.) disponíveis em uma plataforma governamental na internet, criando assim um mecanismo de governança do sistema que independa da atuação de uma única instituição.

---

46. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2314678>.
47. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135564>.
48. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm>.
49. Conferir o Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018, disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm>.
50. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140163>.

3.4 Inciso IV: a assistência técnica e extensão rural

Há farta bibliografia que trata do tema de assistência técnica e extensão rural (Ater). Há dois marcos legais recentes que abordam o assunto. O primeiro é a Lei nº 12.188, de 2010,[51] que institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária (PNATER) e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária (Pronater). O segundo é a Lei nº 12.897, de 2013,[52] que autorizou o Poder Executivo a criar a Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Anater) (efetivamente criada por decreto no ano seguinte), com *status* de um serviço social autônomo, pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos, de interesse coletivo e de utilidade pública. A Anater tem a finalidade de promover a execução de políticas de desenvolvimento da Ater, especialmente as que contribuam para a elevação da produção, da produtividade e da qualidade dos produtos e serviços rurais, para a melhoria das condições de renda e da qualidade de vida e para a promoção social e de desenvolvimento sustentável no meio rural.

Não será aprofundada a análise do modelo de política pública de Ater preconizado por esses marcos legais, claramente caracterizado por uma tutela estatal dos produtores rurais, na contratação, financiamento e oferta desses serviços, histórica e publicamente ofertados de forma gratuita pelas entidades estaduais de Ater. Há uma bibliografia considerável, entretanto, que aponta o financiamento público (nos últimos anos, declinante) como o principal gargalo do acesso de produtores rurais a esses serviços (Peixoto, 2020).

Destaque-se, no entanto, ainda no tema assistência técnica, a Lei nº 8.315, de 1991, que criou o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar). Originalmente voltado apenas para o ensino da formação profissional rural e a promoção social do trabalhador rural, o Decreto nº 566, de 1992, que aprova o regulamento do Senar, foi alterado recentemente pelo Decreto nº 9.274, de 2018, para incluir a assistência técnica e gerencial (ATeG) a trabalhadores rurais.[53] Diferentemente da Anater, que depende da alocação de recursos orçamentários federais para distribuí-los aos prestadores de serviços, o sistema Senar possui previsão legal de arrecadação de fontes diversas, lhes garantindo continuidade na provisão de recursos.

Assim, embora existam outras proposições em tramitação, destaca-se o PL nº 4.511, de 2021[54] (PLS nº 790, de 2015, originalmente no Senado), em tramitação na Câmara dos Deputados, como o que possui melhores condições de subverter a

51. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12188.htm>.
52. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Lei/L12897.htm>.
53. Observe-se que o Senar deixa claro, em seu *site*, que os serviços de ATeG se estendem aos produtores rurais de modo geral, e não apenas à categoria de trabalhadores rurais.
54. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2313051>.

lógica prevalecente de que o crédito rural público, com recursos controlados, deva ser utilizado primordialmente para custeio da aquisição de insumos, investimento em máquinas, equipamentos e instalações, ou comercialização. O PL propõe que parte desses recursos seja obrigatoriamente destinada, a cada ano, a financiar as atividades da Anater, no âmbito da PNATER, e a financiar exclusivamente a contratação pelos produtores, diretamente no mercado, de serviços privados de Ater.

3.5 Inciso V: o seguro agrícola

O inciso V do art. 187 da CF/1988 trata do seguro rural e tem como marcos legais relacionados os destacados a seguir.

- Lei nº 10.420, de 2002: institui o Fundo Garantia-Safra e o Benefício Garantia-Safra, destinados a agricultores familiares vitimados pela perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou excesso hídrico, situados na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene).[55]
- Lei nº 10.823, de 2003: dispõe sobre a subvenção econômica em percentual ou valor do prêmio do seguro rural, cujas despesas devem ser à conta das dotações orçamentárias consignadas anualmente ao Mapa.[56]
- Lei Complementar nº 126, de 2007: trata da política de resseguro, retrocessão e sua intermediação, e das operações de cosseguro.[57]
- Lei Complementar nº 137, de 2010: versa sobre fundo destinado à cobertura suplementar dos riscos do seguro rural (até hoje não constituído).[58]

Em anos recentes, o aumento dos recursos orçamentários para a subvenção ao prêmio do seguro rural tem permitido a expansão da oferta de produtos de seguro para o setor. Apesar disso, proposições em tramitação há alguns anos modificam os marcos legais sobre o assunto.

Ao longo de 2016, a Comissão de Agricultura e Reforma Agrária do Senado Federal (CRA/SF) conduziu uma avaliação da legislação e das políticas de seguro rural, com diversas audiências públicas realizadas, da qual derivou o PLS nº 4, de 2017,[59] que institui uma Política Nacional de Gestão de Riscos Agropecuários e altera significativamente os marcos legais atuais sobre o tema, incluindo a Lei Agrícola. O PLS, não tendo alcançado consenso entre as organizações interessadas do setor e o governo, não chegou a ser analisado pelo plenário, e terminou arquivado

55. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10420a.htm>.
56. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.823.htm>.
57. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp126.htm>.
58. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp137.htm>.
59. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/127933>.

no final de 2022. No entanto, na avaliação feita pela CRA/SF houve consenso de que a revisão da legislação em vigor demanda a continuidade dos debates, eventualmente também sobre o texto do PLS que foi arquivado.

O PLS nº 185, de 2017,[60] altera a Lei nº 8.427, de 1992, e a Lei nº 10.823, de 2003, para promover o aprimoramento do seguro rural mediante a criação de mecanismos de gestão de riscos de preços e de clima, e transfere a subvenção econômica do seguro rural do Mapa para operações oficiais de crédito, recursos sob supervisão da Secretaria do Tesouro Nacional do Ministério da Fazenda. Tramitou isolado do PLS nº 4, de 2017, e foi também arquivado ao final da legislatura 2019-2022. Caso sejam desarquivados ou reapresentados, ambos os PLS devem ser apensados e ter sua discussão retomada.

Há ainda o PL nº 2.459, de 2021,[61] que altera a Lei de Crédito Rural para dispor sobre a exigência de contratação de seguro rural. Esse PL está apensado ao PL nº 10.499, de 2018, que, por sua vez, está apensado aos PLs nºs 368, 1.068, 1.505, 5.696 e 5.824, de 2019, nºs 4.294, 4.492 e 4.493, de 2021, e nºs 1.511 e 1.941, de 2023.

3.6 Inciso VI: o cooperativismo

A Lei nº 5.764, de 1971,[62] conhecida como Lei do Cooperativismo, define a Política Nacional de Cooperativismo e institui o regime jurídico das sociedades cooperativas. Recepcionada pela atual CF/1988, entre outras disposições importantes, estabelece que a representação do sistema cooperativista nacional cabe à Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB).

Embora o sistema cooperativista seja composto de vários segmentos ou ramos (agropecuário, de consumo, crédito, infraestrutura, saúde, trabalho, produção de bens e serviços e transporte), o segmento agropecuário é economicamente um dos mais significativos. A OCB informa em seu sítio que, em 2021, o ramo agropecuário somou 1.170 cooperativas, com mais de 1 milhão de cooperados, gerando 239 mil empregos diretos, somando R$ 230 bilhões em ativos, e ingressos da ordem de R$ 358 bilhões (informações referentes a 896 cooperativas registradas no Sistema OCB).[63] Das cem maiores empresas do agronegócio brasileiro, em 2021, 27 são cooperativas registradas no Sistema OCB. Também o segmento de crédito tem aumentado sua importância econômica, reunindo, em 2021, 763 cooperativas com registro ativo e autorizadas a funcionar pelo BCB, com quase 14 milhões de cooperados. No mesmo ano, as cooperativas do ramo somaram R$ 518 bilhões em ativos totais.[64]

60. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/129553>.
61. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2289699>.
62. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5764.htm>.
63. Disponível em: <https://anuario.coop.br/ramos/agropecuario>.
64. Disponível em: <https://anuario.coop.br/ramos/credito>.

A discussão sobre a revisão total da Lei do Cooperativismo, no Senado Federal, teve início há mais de vinte anos, quando foram apresentados os PLS nº 171, nº 428 e nº 605, todos de 1999, com o objetivo de modernizar o marco legal do setor. A alteração mais polêmica era a quebra da unicidade de representação do sistema, hoje ainda atribuída à OCB. Após oito anos e sem consenso, os três PLS foram arquivados ao final da legislatura, em 2006. Os PLS nº 3 e nº 153, de 2007, foram então protocolados, sendo eles a reapresentação dos textos dos PLS nº 171 e nº 428, de 1999, respectivamente. Tramitaram conjuntamente por mais sete anos no Senado Federal, até que foram aprovados na forma de um substitutivo, que aguarda análise da Câmara, como o PL nº 519, de 2015.[65] Esse PL tramita apensado aos PLs nºs 6.692, de 2013, 8.424, de 2017, 9.924, de 2018, 5.493, de 2019, 190, de 2021, e 1.979, de 2023, e passa a admitir que, além da OCB, a União Nacional das Organizações Cooperativistas Solidárias (Unicopas) também possa representar cooperativas. O PL ainda prevê, entre outros dispositivos, a possibilidade de capitalização das cooperativas por meio da emissão de Certificado de Crédito Cooperativo (CCC), como título de crédito nominativo, transferível e de livre negociação, que representa promessa de pagamento em dinheiro e constitui título executivo extrajudicial.

3.7 Inciso VII: a eletrificação rural e irrigação

O inciso VII do art. 187 da CF/1988 agrupa um serviço, que demanda infraestrutura pública (na maioria dos casos), e uma tecnologia agropecuária, como se fossem indissociáveis. Contudo, no meio rural nem todo método de irrigação depende de energia elétrica e, naturalmente, a eletrificação destina-se a muitos outros usos. Conforme a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), atualmente o país tem 8,2 milhões de hectares irrigados com potencial para alcançar 55 milhões de hectares, apenas sobre áreas que já estão em uso.[66]

Não será feita aqui a análise da legislação federal que trata de energia e, em particular, da geração e distribuição de energia elétrica, por ser muito complexa e fugir do escopo deste trabalho. Importa lembrar, no entanto, que à época da CF/1988 era conhecida a deficiência dos serviços de fornecimento de energia elétrica no meio rural.

Embora alguma deficiência ainda persista em imóveis rurais de comunidades mais isoladas, a maior parte do problema começou a ser mitigada a partir do Programa Nacional de Eletrificação Rural Luz no Campo, instituído pelo Decreto de 2 de dezembro de 1999. O programa Luz no Campo recebeu reforço a partir da Lei nº 10.438, de 2002, que, além de alterar diversas leis, trata da "expansão

65. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/953932>.
66. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/noticias/brasil-tem-potencial-de-ampliar-area-irrigada-com-uso-de-tecnologias>.

da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), e dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica" (Brasil, 2002). Em seguida, o Decreto nº 4.873, de 2003, instituiu o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica: Luz para Todos.

A Lei Agrícola possui um capítulo que trata superficialmente da irrigação e drenagem, mas é a Lei nº 12.787, de 2013,[67] que institui uma Política Nacional de Irrigação e altera diversas outras leis. Embora essa lei cite alguns princípios, objetivos e instrumentos da política, ela trata mais efetivamente de projetos públicos de irrigação, e não de incentivos à adoção da tecnologia, como forma de gestão de riscos climáticos ou de promoção do aumento da produtividade agrícola. O PL nº 6.903, de 2017[68] (PLS nº 268, de 2014, originalmente no Senado), altera a Lei Agrícola e a Lei nº 12.787, de 2013, para promover o uso sustentável dos equipamentos de irrigação na agricultura brasileira. Esta última lei é também alterada pelo PL nº 5.085, de 2020,[69] para dispor sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de irrigação.

3.8 Inciso VIII: a habitação para o trabalhador rural

A Lei nº 11.977, de 2009,[70] instituiu o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) e, como parte deste, o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), que tem a finalidade de subsidiar a produção ou reforma de imóveis para agricultores familiares e trabalhadores rurais, por intermédio de operações de repasse de recursos do orçamento geral da União ou de financiamento habitacional com recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS). Não há proposições legislativas que alterem de forma relevante o PNHR.

4 OUTROS MARCOS LEGAIS SOBRE TEMAS IMPORTANTES NÃO REFERENCIADOS NA CF/1988

Um dos temas tratados na Lei Agrícola e não referenciados na CF/1988, e que reputamos de grande importância, é o da defesa agropecuária, cujos principais marcos legais são descritos a seguir.

- Decreto nº 24.114, de 1934: regulamento de Defesa Sanitária Vegetal.[71]

67. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm>.
68. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2123646>.
69. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2264953>.
70. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm>.
71. Apesar de ser um decreto presidencial, a nosso ver, tem *status* de lei, por ter sido editado em momento de exceção política, em que o Congresso Nacional estava inoperante. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d24114.htm>.

- Decreto nº 24.548, de 1934: regulamento do Serviço de Defesa Sanitária Animal.[72]
- Lei nº 1.283, de 1950: inspeção industrial e sanitária dos produtos de origem animal.[73]
- Lei nº 7.889, de 1989: inspeção industrial e sanitária dos produtos de origem animal e sanções às infrações.[74]
- Lei nº 7.802, de 1989: Lei dos Agrotóxicos, seus componentes e afins.[75]

O PLS nº 326, de 2016,[76] institui a Política Nacional de Defesa Agropecuária (PNDA), com a finalidade de proteção do meio ambiente, da economia nacional e da saúde humana. A proposição, que altera diversas leis em vigor e incorpora os artigos que tratam do tema na Lei Agrícola, derivou de avaliação da política de defesa agropecuária realizada pela CRA/SF em 2015. Uma das inovações do PLS é propor uma certificação de conformidade sanitária, a ser providenciada pelos produtores rurais por intermédio de profissionais ou empresas credenciadas. Essa medida, de certa forma, parece ter inspirado o PL de autoria do Poder Executivo que deu origem à Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022,[77] que, entre outras medidas, dispõe sobre os programas de autocontrole dos agentes privados regulados pela defesa agropecuária e sobre a organização e os procedimentos aplicados pela defesa agropecuária aos agentes das cadeias produtivas do setor agropecuário, e institui o Programa de Incentivo à Conformidade em Defesa Agropecuária.

O PL nº 1.459, de 2022[78] – substitutivo da Câmara dos Deputados ao PLS nº 526, de 1999, que até então propunha alterações nos prazos de registro de agrotóxicos na lei em vigor –, está em fase final de tramitação, revoga a Lei dos Agrotóxicos e institui novo marco legal para esses produtos.

A CF/1988 determina que as leis sejam consolidadas, quando possível e necessário. O PLS nº 592, de 2011, consolida em 320 artigos a legislação sanitária vegetal e animal federal (27 marcos legais, alguns dos quais já citados), atualizando termos e valores de multas, por exemplo. É tratado como PL nº 7.264, de 2014,[79] na Câmara dos Deputados, que, apesar de ter um grupo de trabalho de consolidação de leis, desde então não deu nenhum andamento ao PL. Projetos de consolidação de leis, no entanto, é bom ressaltar, não podem alterar o mérito das leis em vigor.

72. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d24548.htm>.
73. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l1283.htm>.
74. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7889.htm>.
75. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm>.
76. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/126819>.
77. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14515.htm>.
78. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153396>.
79. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=608740>.

Existem diversos outros marcos legais, não especificados nos temas do capítulo III da CF/1988, mas que tratam da política agrícola e fundiária e da reforma agrária. Destacam-se, com relevância direta para as atividades agropecuárias e florestais, as leis pontuadas a seguir.

- Lei nº 6.894, de 1980: inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura (Lei de Fertilizantes).[80]
- Lei nº 9.433, de 1997: Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).[81]
- Lei nº 9.456, de 1997: Lei de Proteção de Cultivares.[82]
- Lei nº 10.831, de 2003: sistemas de produção orgânicos.[83]
- Lei nº 11.326, de 2006: conceitos, princípios e instrumentos destinados à formulação, gestão e execução da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.[84]
- Lei nº 11.959, de 2009: Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca.[85]
- Lei nº 13.288, de 2016: dispõe sobre os contratos de integração, obrigações e responsabilidades nas relações contratuais entre produtores integrados e integradores.

Há 26 PLs apresentados nos últimos cinco anos que alteram a PNRH para diversos fins, entre os quais destacamos o PL nº 344, de 2020,[86] e o PL nº 1.868, de 2022,[87] que priorizam e isentam de cobrança a outorga da captação e uso de água a populações vulneráveis rurais (agricultores familiares ou empreendedores familiares rurais) e urbanas.

Alguns marcos legais na área de meio ambiente são igualmente relevantes para as atividades agropecuárias e florestais, entre os quais estão os destacados a seguir.

- Lei nº 6.938, de 1981: Política Nacional do Meio Ambiente.[88]
- Lei nº 9.605, de 1998: Lei de Crimes Ambientais – sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.[89]

80. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1980-1988/L6894.htm>.
81. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>.
82. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9456.htm>.
83. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm>.
84. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm>.
85. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11959.htm>.
86. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2237669>.
87. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153912>.
88. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>.
89. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>.

- Lei nº 9.985, de 2000: regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da CF/1988 e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Snuc).[90]
- Lei nº 11.284, de 2006: gestão de florestas públicas para a produção sustentável, institui o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF) e altera outras leis.[91]
- Lei nº 12.114, de 2009: Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.[92]
- Lei nº 12.187, de 2009: Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).[93]
- Lei nº 12.305, de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos.[94]
- Lei nº 12.651, de 2012: conhecida como novo Código Florestal.[95]
- Lei nº 13.123, de 2015: regulamenta dispositivos da CF/1988 e da Convenção sobre Diversidade Biológica, para dispor sobre acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade.[96]
- Lei nº 14.119, de 2021: institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais.[97]

Não é objetivo deste capítulo apresentar as muitas proposições legislativas em tramitação que alteram a legislação ambiental e, direta ou indiretamente, afetam as atividades agropecuárias e florestais. No entanto, deve-se ressaltar a importância do PL nº 2.159, de 2021[98] (PL nº 3.729, de 2004, originalmente na Câmara), que regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da CF/1988 e estabelece normas gerais para o licenciamento ambiental de atividade ou de empreendimento utilizador de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidor ou capaz de causar degradação do meio ambiente (o capítulo 10, a seguir, avalia a integração das políticas ambiental e agrícola).

Ainda no tema meio ambiente, o *Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil*, da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES) e da Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador (Rebipp), concluiu que o valor estimado do serviço

90. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>.
91. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11284.htm>.
92. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12114.htm>.
93. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>.
94. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>.
95. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>.
96. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm>.
97. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm>.
98. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/148785>.

ecossistêmico de polinização para a produção de alimentos no país foi de R$ 43 bilhões em 2018 (BPBES e Rebipp, 2019). Diversos estudos apontam para modificações importantes nas populações de polinizadores em todo o mundo, com riscos para a manutenção da biodiversidade e da produção agropecuária. O PL nº 1.918, de 2019,[99] altera diversas leis para estabelecer medidas de estímulo à pesquisa e à proteção das populações de polinizadores tais como abelhas, aves e morcegos, sendo uma proposição relevante, diante do fato de que não há mandamento legal que disponha sobre esse assunto. Tal PL foi, no entanto, arquivado ao final de 2022.

Na área ambiental, é também muito importante mencionar o PL nº 412, de 2022,[100] que regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), previsto na Lei nº 12.187, de 2009 (Política Nacional sobre Mudança do Clima). O PL teve um substitutivo aprovado na Comissão de Assuntos Econômicos (CAE) do Senado Federal, que estabelece diretrizes para a criação do Sistema Brasileiro de Gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBGE-GEE), com potencial de proporcionar remuneração a produtores rurais que contribuam para a redução de emissões de gases de efeito estufa. Paralelamente, na Câmara dos Deputados tramita o PL nº 528, de 2021,[101] que também regulamenta o MBRE, mas que está apensado aos PLs nºs 2.148, de 2015, 10.073, de 2018, 5.710, de 2019, 290, de 2020, 4.088, de 2021, e 155, de 2023.

Outro tema relevante para assuntos de segurança alimentar e nutricional da população brasileira e mundial é o combate a perdas e desperdício de alimentos (PDA). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) estima que um terço das partes comestíveis dos alimentos produzidos mundialmente (equivalente a 1,3 bilhão de toneladas) é perdido ou desperdiçado, de diversas formas, ao longo das cadeias produtivas e mesmo durante o seu consumo, com impactos ambientais e socioeconômicos gigantescos. Por essa razão, o combate a PDA tornou-se uma das metas, a 12.3, dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a chamada Agenda 2030. Existem diversos estudos já realizados e políticas públicas e estratégias do setor privado em desenvolvimento em muitos países, inclusive no Brasil.

Muitos PLs estão em tramitação no Congresso Nacional, alguns há 25 anos, quase todos tratando da regulação da doação de alimentos, sendo esta apenas uma entre várias ações possíveis para mitigação de PDA. Recentemente aprovada, a

99. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/136084>.
100. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/151967>.
101. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2270639>.

Lei nº 14.016, de 2020,[102] dispõe sobre o combate ao desperdício de alimentos e a doação de excedentes de alimentos para o consumo humano. Entretanto, tendo tramitado às pressas no início da pandemia de covid-19, e sem incorporar os debates acumulados na análise dos PLs que ainda tramitam no Congresso Nacional, a lei carece de efetividade e pode ser muito melhorada. Entre os diversos PLs tramitando, destacamos o PL nº 2.874, de 2019,[103] cujo substitutivo aprovado na CRA/SF resgata os avanços alcançados na tramitação dos demais PLs e cria incentivos tributários à doação de alimentos processados. O PL altera diversas leis e institui uma Política Nacional de Combate à Perda e ao Desperdício de Alimentos (PNCPDA).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não se pode perder de vista que, como qualquer outra atividade econômica, a atividade agropecuária e florestal e os demais setores do agronegócio aos quais está ligada são todos afetados por um conjunto complexo de políticas públicas. Neste capítulo, por exemplo, não foi possível tratar de temas trabalhistas e previdenciários, que afetam os custos da produção agropecuária, sua dinâmica e rentabilidade, sendo certo que há proposições legislativas que tratam do assunto.

Outras proposições legislativas podem ainda causar mais impactos nas cadeias produtivas de alimentos, fibras e agroenergia. A título de exemplo, citam-se as PECs que tratam de reforma tributária sobre tributos relacionados ao consumo de bens e serviços: PEC nº 45, de 2019,[104] em tramitação na Câmara, que substitui cinco tributos atuais por um único Imposto sobre Bens e Serviços (IBS); e a PEC nº 110, de 2019,[105] em tramitação no Senado, que extingue nove tributos – IPI, Imposto sobre Operações Financeiras (IOF), Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/Pasep), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins), Salário-Educação, Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico Incidente sobre as Operações Realizadas com Combustíveis (Cide Combustíveis), todos os federais, ICMS estadual e Imposto sobre Serviços (ISS) municipal – e cria o IBS. Ainda mais recente, a PEC nº 46, de 2022, apresentada no Senado, também altera o Sistema Tributário Nacional.[106]

Além disso, neste breve texto tratamos apenas das leis ordinárias federais e de algumas proposições legislativas que tramitam no Congresso Nacional, que eventualmente alteram essas leis. Não se tratou aqui das leis estaduais ou municipais.

102. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14016.htm>.
103. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/136744>.
104. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2196833>.
105. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/137699>.
106. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/155612>.

Tampouco foram apresentadas normas infralegais federais, que regulamentam e operacionalizam tais leis, como decretos presidenciais, instruções normativas, portarias ministeriais e resoluções de órgãos que possuam atribuições normativas, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Certamente, essas normas infralegais têm um papel fundamental no planejamento e na implementação dos dispositivos existentes na legislação federal e, com frequência, tratam suplementarmente de assuntos esquecidos ou não regulados pelas leis.

Também não se tratou, neste texto, do processo legislativo orçamentário. A legislação orçamentária é constituída pelo Plano Plurianual (PPA), pela Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), pela Lei Orçamentária Anual (LOA) e pelas leis que abrem créditos suplementares ou alteram a LDO e a LOA. Não se pode perder de vista que boa parte das políticas públicas estabelecidas em lei federal depende da decisão política, dos poderes Executivo e Legislativo e de aportar os recursos para a sua plena execução e, portanto, para proporcionar a efetividade necessária.

Alguns temas importantes ou polêmicos não são regulados em lei federal, mas, sim, em decreto presidencial.[107] A título de exemplo, citamos o Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012,[108] que institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), que prevê, entre outros instrumentos, a elaboração e implementação de um Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo).

Outro exemplo digno de destaque é o Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020,[109] que institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Sobre esse tema, o PL nº 3.668, de 2021,[110] em tramitação no Senado, dispõe sobre produção, registro, comercialização, uso, destino final dos resíduos e embalagens, inspeção e fiscalização, pesquisa e experimentação e incentivos à produção de bioinsumos para agricultura. Na Câmara, o PL nº 658, de 2021,[111] dispõe sobre a classificação, o tratamento e a produção de bioinsumos por meio do manejo biológico *on farm*, e ratifica o Programa Nacional de Bioinsumos. Ambos são tentativas de regular em lei o disposto no decreto de 2020. Entretanto, há que se considerar que bioinsumos não são utilizados somente na atividade agropecuária, sendo comum o uso em indústrias e em outros fins, e que muitos bioinsumos já são tratados em leis específicas, como as que

107. Mais uma vez, ressalte-se que neste texto não são tratadas as leis e decretos em nível estadual ou municipal, muitas vezes de impacto relevante no respectivo ente da Federação.
108. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm>.
109. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10375.htm>.
110. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/150351>.
111. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2271161>.

tratam dos agrotóxicos, de sementes e mudas, de biossegurança etc. Uma lei que trate especificamente de bioinsumos tem de ser muito bem articulada com os demais marcos legais, a fim de evitar insegurança e conflito jurídico.

O Decreto nº 10.991, de 11 de março de 2022,[112] institui o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF) 2022-2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas (Confert). Lançado na conjuntura da restrição internacional de oferta de fertilizantes por conta da guerra entre Rússia e Ucrânia, esse decreto não faz referência nem dialoga com a Lei de Fertilizantes, supracitada, ou o decreto que a regulamenta. Ademais, nessa área de produção mineral, há que se considerar a necessidade de articular o PNF com o Decreto-Lei nº 227, de 1967,[113] o ainda em vigor Código de Minas, regulamentado pelo Decreto nº 9.406, de 2018 (o capítulo 5 aprofunda os desafios econômicos da dependência na compra de fertilizantes no Brasil).

Ao se pensar em alterar uma lei ou instituir uma nova, é necessário, portanto, um pensamento sistêmico de como ela se articula ou deve se articular com outras leis (que eventualmente demandarão também alterações), bem como sobre a dependência de recursos orçamentários e a existência de recursos institucionais e humanos para a sua implementação. É imprescindível que se faça, sempre e tanto quanto possível, uma análise de impacto regulatório da legislação proposta.

Por fim, é fundamental que se regule em lei o § 16 do art. 37 da CF/1988, incluído pela EC nº 109, de 2021, que determina a realização da avaliação das políticas públicas e a divulgação do objeto a ser avaliado e dos resultados alcançados. O fato de os PLs que resultarão nessa lei ainda estarem sendo debatidos pelo Congresso Nacional não significa que tal avaliação não deva ou não possa ser implementada. Ao final, é ela que deve provar a adequação das leis ou a necessidade da sua eventual alteração.

REFERÊNCIAS

BPBES – PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS; REBIPP – REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. 1. ed. São Carlos: Cubo, 2019. 184 p. Disponível em: <https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/03/BPBES_CompletoPolinizacao-2.pdf>.

112. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10991.htm>.
113. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227compilado.htm>.

BRASIL. Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 30 nov. 1964. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm>.

_____. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 29 abr. 2002. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm>.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas emendas constitucionais de revisão nºs 1 a 6/94, pelas emendas constitucionais nºs 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo nº 186/2008. Brasília: Senado Federal, 2016. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>.

_____. Emenda Constitucional nº 109, de 16 de março de 2021. Altera os arts. 29-A, 37, 49, 84, 163, 165, 167, 168 e 169 da Constituição Federal e os arts. 101 e 109 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias; acrescenta à Constituição Federal os arts. 164-A, 167-A, 167-B, 167-C, 167-D, 167-E, 167-F e 167-G; revoga dispositivos do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias e institui regras transitórias sobre redução de benefícios tributários; desvincula parcialmente o superávit financeiro de fundos públicos; e suspende condicionalidades para realização de despesas com concessão de auxílio emergencial residual para enfrentar as consequências sociais e econômicas da pandemia da covid-19. **Diário Oficial da União**, p. 4, 2021. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/emenda-constitucional-n-109-308527609>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil**: uma primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2100643>. Acesso em: 8 dez. 2022.

PEIXOTO, M. Assistência técnica e extensão rural: grandes deficiências ainda persistem. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos de Censo Agropecuário. Brasília: Ipea, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10339>.

CAPÍTULO 10

INTEGRAÇÃO ENTRE AS POLÍTICAS AMBIENTAL E AGRÍCOLA NO BRASIL

Adriana Maria Magalhães de Moura[1]

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelecida pela Lei nº 6.938/1981, tem entre seus princípios a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, a proteção dos ecossistemas e a recuperação de áreas degradadas. Por sua vez, a Lei da Política Agrícola (Lei nº 8.171/1991) traz um capítulo inteiro (VI) dedicado à proteção do meio ambiente e à conservação dos recursos naturais. Além dessas, diversas outras legislações evidenciam uma clara interface entre essas duas políticas, tais como: i) o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012); ii) a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH – Lei nº 9.433/1997); iii) a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC – Lei nº 12.187/2009); iv) a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Pnapo – Decreto nº 7.794/2012); v) o Programa Nacional de Bioinsumos (Decreto nº 10.375/2020); vi) a Lei de Conservação do Solo Agrícola (Lei nº 6.225/1975); e vii) a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Lei nº 12.805/2013).

Considerando-se a existência de uma forte relação entre os impactos da atividade agropecuária no meio ambiente e a degradação ambiental que pode acontecer na produção rural, a gestão das propriedades rurais é de fundamental importância para a preservação ambiental brasileira. A área dos estabelecimentos agropecuários (351,2 milhões de hectares) corresponde a cerca de 41% do território nacional, sendo 26% dessa área (92,7 milhões de hectares) preservada com matas naturais, incluindo áreas de preservação permanente (APPs) e reservas legais (RLs) (IBGE, 2017).

As áreas preservadas nos estabelecimentos agropecuários correspondem a cerca de 33% do total de áreas preservadas com vegetação nativa no Brasil. Para efeito comparativo, o conjunto de unidades de conservação (UCs) de proteção

1. Coordenadora de Estudos em Sustentabilidade Ambiental da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e doutora em política e gestão da sustentabilidade pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB).

integral preserva em torno de 9,4% da vegetação nativa no país[2] (Embrapa, 2021). Esses números indicam que os produtores rurais têm contribuído para que a maior parte do território nacional – em torno de 63% – ainda se mantenha preservada com vegetação nativa, enquanto o uso agropecuário corresponde a cerca de 31% (IBGE, 2022). O Brasil está entre os países que mais têm preservado áreas de florestas nativas, mesmo com alta taxa de crescimento da produção agrícola, mantendo um uso relativamente baixo da terra destinada à produção agropecuária (Vieira Filho, 2022a).

No entanto, a manutenção de áreas naturais preservadas nos estabelecimentos agrícolas, em atendimento ao Código Florestal, gera despesas de manutenção e proteção, além do custo de oportunidade da terra, computado como perda de área produtiva pelos proprietários.

Do mesmo modo, a transição de sistemas de agricultura convencional para sistemas sustentáveis requer alto investimento inicial em tecnologias agrícolas inovadoras, mais intensivas em capital quando comparadas às práticas mais comuns, além de assistência técnica especializada. A conversão para um modelo mais sustentável pode ser complexa, visto que geralmente requer medidas de restauração dos recursos naturais e mudança para um sistema de gestão que considere a propriedade rural como parte de uma paisagem mais ampla, na qual uma série de funções ecossistêmicas são importantes (Gliessman, 2005).

Além disso, os produtores assumem riscos na adoção das novas técnicas, cuja rentabilidade pode ser incerta (Lopes, Lowery e Peroba, 2016). Por exemplo, de acordo com Wilson e Tisdell (2001), quando um produtor convencional deixa de utilizar agrotóxicos, a sua produtividade tende a se reduzir drasticamente no curto prazo, voltando a se estabilizar em níveis de produtividade economicamente aceitáveis somente após algumas safras.

Assim, políticas públicas que contemplem investimentos governamentais e instrumentos econômicos de apoio a práticas e tecnologias sustentáveis na agropecuária podem facilitar a adoção e a expansão de sistemas produtivos mais sustentáveis, bem como a adequação das propriedades rurais à legislação ambiental (os capítulos 11 e 12 trazem exemplos de como políticas produtivas se ajustam aos interesses ambientais, seja na pecuária de baixo carbono, seja na produção de biocombustíveis). Nesse sentido, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) propôs uma série de diretrizes para o desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira, entre as quais o incentivo a instrumentos que gerem renda para a atividade de conservação ambiental e que ampliem os recursos para financiamento de modelos sustentáveis de produção (Brasil, 2020).

2. Considerando-se as UCs federais, estaduais e municipais. As UCs de proteção integral têm o objetivo básico de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, salvo exceções (Lei nº 9.985/2000, art.7ª).

O Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) também previu, em seu art. 41, que o governo federal poderá instituir programas de apoio e incentivo à conservação do meio ambiente e à adoção de tecnologias e práticas que conciliem a produtividade agropecuária e florestal com a redução dos impactos ambientais.

Este capítulo busca analisar os principais instrumentos econômicos que contribuem para incentivar a manutenção da vegetação nativa e a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis na agricultura brasileira. A seção 2 apresenta uma análise do crédito rural em relação à produção sustentável, incluindo as principais linhas de financiamento voltadas para essa finalidade: o Programa ABC, que visa financiar o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) e as linhas verdes do Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf). A seção 3 aborda o mercado dos títulos verdes, que vêm se colocando como alternativa para aumentar a participação dos investimentos privados no financiamento da produção agrícola sustentável. A seção 4 trata do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e sua aplicação nas áreas agrícolas. A seção 5 traz algumas considerações finais sobre o tema.

2 CRÉDITO RURAL E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

Desde a década de 1960, o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), instituído pela Lei nº 4.829/1965,[3] constitui-se como um dos principais instrumentos da política agropecuária no Brasil, para promover tanto a produtividade quanto o aumento de renda do produtor rural, respondendo por cerca de um terço do financiamento das atividades do setor (Araújo *et al.*, 2020). O SNCR tem, entre seus objetivos: estimular a formação de capital no setor; financiar parte substancial dos custos da produção e da comercialização agrícola; promover a adoção de tecnologias; e fortalecer economicamente os produtores, especialmente os de pequeno e médio porte (Santana e Gasques, 2019). Durante muitos anos, o crédito rural favoreceu a grande produção e esteve condicionado à adoção de pacote tecnológico que incluía o uso de maquinário agrícola, fertilizantes e agroquímicos, bem como estimulava o desmatamento para o plantio de pastagens, o que levou a alguns impactos ambientais negativos (Pinto, 1980; Helfand, 2001). Por exemplo, na década de 1970, o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA) vinculava o uso de agrotóxicos à concessão do crédito agrícola, sendo um dos principais instrumentos para a difusão desses insumos nas lavouras (Lopes e Albuquerque, 2018). Como apontam Buainain e Garcia (2019),

3. Em 1991, foi criada a Lei nº 8.171/1991, que estabeleceu o Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA). Ligado ao Mapa, o CNPA tem o mandato de preparar o Plano Safra, lançado anualmente, com os recursos alocados para cada linha de crédito e os critérios gerais para serem obtidos empréstimos no próximo ano agrícola.

o modelo tecnológico adotado, baseado em pacote utilizado em países de clima temperado, mostrou-se insustentável.

Em decorrência do desmatamento e do uso intensivo de maquinário, houve a preocupação ambiental de incentivar a conservação do solo agrícola e o combate à erosão. De acordo com a Lei nº 6.225/1975, os agricultores de regiões discriminadas como susceptíveis à erosão só poderiam contratar o crédito rural se apresentassem o certificado comprobatório de execução dos planos de proteção do solo e combate à erosão. Além disso, teriam a obrigação de adotar as práticas conservacionistas recomendadas e de se submeterem à orientação técnica de profissional credenciado.

Mais recentemente, o Banco Central do Brasil (BCB), por meio de resoluções, vem buscando orientar as instituições financeiras no sentido de considerar as questões ambientais nas contratações feitas para o crédito rural. A Resolução BCB nº 3.545/2008 condicionou a concessão de crédito rural na Amazônia à conformidade com regras ambientais e à comprovação da legitimidade de títulos de propriedade. Segundo Assunção *et al.* (2019), a medida teve resultados positivos: entre 2008 e 2011, ela impediu o desmatamento de mais de 2.700 km^2 de área de floresta na Amazônia, representando uma queda de 15% do desmatamento no período.

Por seu turno, a Resolução BCB nº 140/2021 criou seção específica no Manual do Crédito Rural (MCR) sobre impedimentos sociais, ambientais e climáticos para a concessão de crédito rural. De acordo com a resolução, não será concedido crédito rural ao produtor que não esteja inscrito no Cadastro Ambiental Rural (CAR); cuja área esteja total ou parcialmente inserida em UC, terra indígena ou quilombos; ou com embargo decorrente de áreas desmatadas ilegalmente em imóvel situado no bioma Amazônia.

Outro benefício ambiental induzido pelo crédito rural foi o critério adotado no Plano Safra 2020-2021, de aumento de até 10% no limite de crédito de custeio para produtores que submetessem um CAR validado, o qual é o primeiro passo para a conformidade com o Código Florestal.[4] Além disso, foi permitido o financiamento para a aquisição de Cotas de Reserva Ambiental (Souza, Herschmann e Assunção, 2020). O Plano Safra 2022-2023 introduziu um conjunto de novos benefícios relativos à sustentabilidade ambiental:

- inclusão de despesas de custeio com a manutenção de RL e APP – antes só era possível para restauração e recuperação dessas áreas;
- investimentos em sistemas de exploração extrativista não madeireira e de produtos da sociobiodiversidade;

4. Segundo boletim sobre a implantação do CAR, até 1º agosto de 2022, havia 6,7 milhões de imóveis rurais inscritos no CAR, ocupando uma área de 624,8 milhões de hectares (Brasil, 2022b).

- financiamento de remineralizadores de solo (pó de rocha), que têm o potencial de reduzir a dependência de fertilizantes químicos importados;
- ampliação do limite de financiamento de custeio, em até 10%, para beneficiário com CAR já analisado por órgão ambiental competente;
- inclusão de financiamento a sistemas de geração e distribuição de energia renovável no Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp) e no crédito geral de investimento;
- financiamento, no Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (Moderfrota), de 100% do valor de maquinário que utilize biometano como combustível (a regra geral do programa é financiar 85% do valor); e
- reconhecimento, por certificação de organismo internacional, dos programas e práticas sustentáveis financiados pelo Plano Safra.

Além dessas medidas, foram criadas linhas de crédito específicas, voltadas para a produção sustentável: o Programa ABC e as linhas verdes do Pronaf.

2.1 Programa ABC

O Programa ABC é a linha de crédito rural que visa operacionalizar o Plano ABC, formulado em 2012, como um dos planos setoriais da PNMC (Lei nº 12.187/2009), com o objetivo de incentivar o setor agropecuário a contribuir nas metas para a redução e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), por meio do estímulo a práticas produtivas sustentáveis na agricultura brasileira (Brasil, 2012).

O Plano ABC teve seu primeiro ciclo no período 2010-2020. Dos 35,5 milhões de hectares previstos inicialmente, as ações foram ampliadas e aplicadas em 54,8 milhões de hectares até 2020, ou seja, 154,38% da meta de expansão de área. Estima-se que a implantação das tecnologias resultou na mitigação de cerca de 152,93 milhões de toneladas de carbono equivalente (CO_{2e}), o que representou 113% da meta. Observa-se que, na recuperação de pastagens degradadas e tratamento de dejetos animais, as metas não foram plenamente atingidas, sendo estes os dois principais desafios para o avanço da agricultura de baixa emissão de carbono no Brasil (Telles *et al.*, 2021). No entanto, como observa Vieira Filho (2022b), os sistemas integrados de produção estimulados pelo Plano ABC (tais como integração lavoura-pecuária-floresta – ILPF), que atingiram 290% da meta, também ajudaram na recuperação de pastagens degradadas. Além disso, as estatísticas disponíveis no Brasil sobre tratamento de dejetos não permitem traçar um panorama preciso sobre os resultados alcançados. As metas estipuladas e os resultados alcançados são apresentados na tabela 1.

TABELA 1
Plano ABC: processo tecnológico, meta e resultados alcançados (2010-2020)

Processo tecnológico	Meta	Resultados alcançados – expansão no período	Cumprimento da meta (%)
Recuperação de pastagens degradadas[1]	15 milhões de hectares	5,4 de milhões de hectares	25
ILPF[2]	4 milhões de hectares	13,8 milhões de hectares	290
SPD	8 milhões de hectares	16,7 milhões de hectares	191
Fixação biológica de nitrogênio	5,5 milhões de hectares	14,6 milhões de hectares	266
Florestas plantadas	3 milhões de hectares	4,3 milhões hectares	253
Tratamento de dejetos animais	4,4 milhões de metros cúbicos	1,7 milhão de metros cúbicos	39

Fonte: Telles *et al*. (2021).
Notas: [1] Por meio de manejo adequado e adubação.
[2] Inclui sistemas agroflorestais (SAFs).
Obs.: SPD – sistema de plantio direto.

O segundo ciclo do plano, denominado Plano ABC+, foi estabelecido com vigência de 2021 a 2030 (o capítulo 11 avalia o impacto das práticas de integração e de recuperação de pastagens na pecuária). O Plano ABC+ amplia o escopo inicial do Plano ABC: além do incentivo a tecnologias com baixa emissão de carbono, busca promover a regularização ambiental da propriedade rural; a valorização da paisagem; a recuperação e a conservação da qualidade do solo, da água e da biodiversidade; e a valorização das especificidades locais e das culturas regionais (Brasil, 2021b). A tabela 2 traz as metas do Plano ABC+.

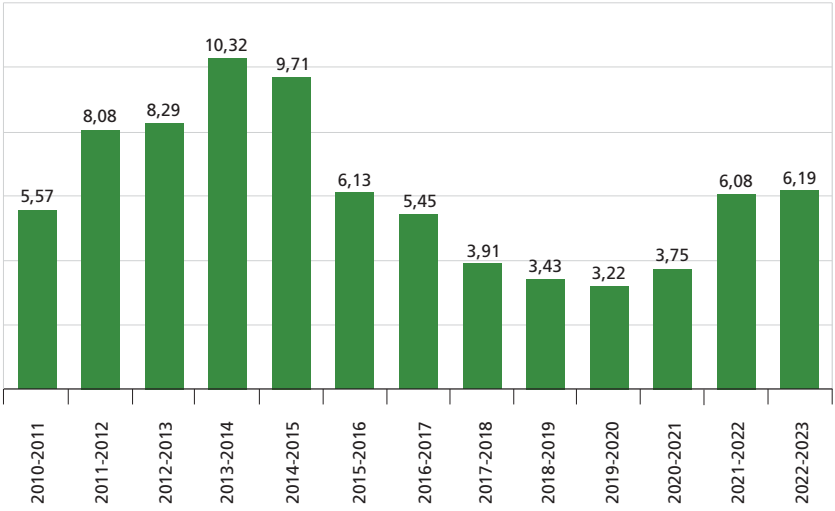
TABELA 2
Metas do Plano ABC+ até 2030

Sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentável		Ampliação da adoção	Potencial de mitigação de GEE (milhões de miligramas de CO_2e)
Recuperação de pastagens degradadas		30,00 milhões de hectares	113,70
SPD	grãos	12,50 milhões de hectares	12,11
	hortaliças	0,08 milhão de hectares	0,88
Sistemas de integração	ILPF	10,00 milhões de hectares	37,90
	SAF	0,10 milhão de hectares	0,38
Florestas plantadas		4 milhões de hectares	510,00
Bioinsumos		13 milhões de hectares	23,40
Sistemas irrigados		3 milhões de hectares	50,00
Subtotal		72,68 milhões de hectares	748,37
Manejo de resíduos da produção animal		208,40 milhões de metros cúbicos	277,80
Terminação intensiva		5 milhões de animais	16,24
Total		**-**	**1.042,41**

Fonte: Brasil (2021b).
Obs.: Ano-base = 2020.

Os valores disponibilizados para a linha de crédito do Programa ABC no Plano Safra têm oscilado ao longo do período de 2010-2011 a 2022-2023. Em valores corrigidos, o Programa ABC obteve R$ 5,57 bilhões no Plano Safra 2010-2011 e chegou ao Plano Safra 2022-2023 com R$ 6,19 bilhões. O período com maior valor disponibilizado foi 2013-2014, com R$ 10,32 bilhões (gráfico 1).

GRÁFICO 1
Programa ABC: valores disponibilizados para a linha de crédito (2010-2011 a 2022-2023)
(Em R$ bilhões)



Fonte: Planos Safra (2010-2011 a 2022-2023). Disponível em: <https://bit.ly/42o2sUw>.
Elaboração da autora.
Obs.: Valores corrigidos pelo Índice Geral de Preços do Mercado da Fundação Getulio Vargas (IGP-M/FGV) para julho de 2022.

No Plano Safra 2022-2023, abriu-se a possibilidade de financiar a produção de bioinsumos para uso próprio na propriedade rural, e a implantação, melhoramento e manutenção de sistemas para geração de energia renovável, também para consumo próprio. Observa-se que a taxa de juros ofertada para o Programa ABC em 2022-2023, entre 7% e 8,5% ao ano (a.a.), ainda é relativamente alta, de modo que o programa recebe um subsídio menor e, portanto, menos incentivo quando comparado aos juros oferecidos ao Pronaf (entre 5% e 6% a.a.).

O programa teve uma execução mediana dos recursos disponibilizados em seu primeiro ciclo. Ao longo do período de 2010 a 2019, foi concedido crédito aos agricultores no valor total de R$ 27,67 bilhões. Porém, foram efetivamente desembolsados R$ 17,3 bilhões, o que equivale a uma execução de apenas 62,5% do total disponibilizado. Foram realizados 34.271 contratos, com uma média de R$ 504,97 mil por contrato. A taxa de juros variou de 5% a 8,5%, uma média de 6,2% ao longo do período (tabela 3).

TABELA 3
Programa ABC: desembolso por ano-safra (2010-2019)

Ano-safra	Valor disponibilizado pela linha de crédito (R$ bilhões)	Taxa de juros (%)	Contratos (números absolutos)	Valor desembolsado (R$ mil)	Média por contrato (R$ mil)
2010-2011	2,00	5,5	1.290	418.300,00	324,26
2011-2012	3,15	5,5	5.038	1.515.995,40	300,91
2012-2013	3,40	5,0	4.961	2.864.753,83	577,45
2013-2014	4,50	5,0	5.882	2.695.119,38	458,20
2014-2015	4,50	5,0	8.018	3.656.402,33	456,02
2015-2016	3,00	8,0	3.344	2.052.466,03	613,78
2016-2017	2,99	8,5	1.808	1.220.934,51	675,30
2017-2018	2,13	7,5	2.460	1.617.716,69	657,61
2018-2019	2,00	6,0	1.470	1.264.236,91	860,03
Total	**27,67**	**-**	**34.271**	**17.305.925,08**	**504,97**

Fonte: Brasil (2021c).

Para o período 2021-2022, o Programa ABC+ contava com 4.181 contratos vigentes, totalizando R$ 3,6 bilhões contratados. Observa-se que o Programa ABC+ dispõe de doze subprogramas, alguns introduzidos no Plano Safra 2022-2023 e ainda com número reduzido de contratos. A linha ABC+ recuperação de pastagens degradadas é a que contava com o maior volume de contratos: 2.530, cerca de 60% do total (tabela 4).

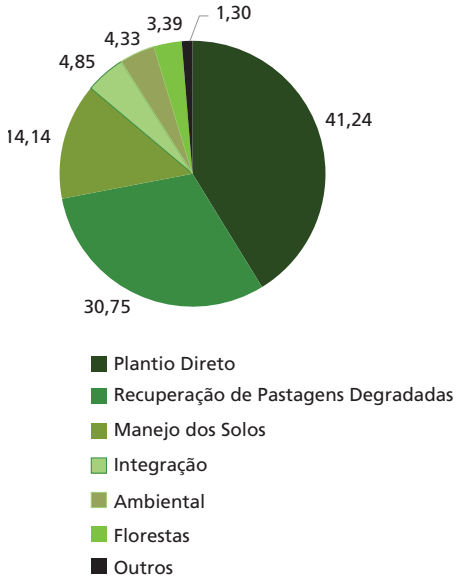
TABELA 4
Programa ABC+: número de contratos e valores de crédito contratados nos subprogramas (2021-2022)

Linha de crédito – subprograma	Contratos vigentes (números absolutos)	Crédito contratado (R$)[1]
ABC+ Plantio Direto	846	1.496.670.976
ABC+ Recuperação de Pastagens Degradadas	2.530	1.115.977.877
ABC+ Manejo dos Solos	258	513.259.478
ABC+ Integração	182	176.138.901
ABC+ Ambiental	180	157.175.868
ABC+ Florestas	111	122.926.385
ABC+ Orgânico	34	20.708.092
ABC+ Manejo de Resíduos	25	16.991.089
Açaí, Cacau, Oliveira e Nogueira	5	3.980.734
Fixação Biológica de Nitrogênio	5	3.353.736
ABC+ Dendê	1	2.053.511
ABC+ Bioinsumos	4	434.076
Total	**4.181**	**3.629.670.727**

Fonte: BCB. Disponível em: <https://bit.ly/3ASiZVa>.
Elaboração da autora.
Nota: [1] Em valores correntes.
Obs.: Período de extração dos dados: 1º de janeiro de 2021 a 22 de agosto de 2022.

Na distribuição de recursos entre os subprogramas do ABC+, o Plantio Direto obteve 41% dos recursos, seguido da Recuperação de Pastagens Degradadas (30%) e do Manejo de Solos (14%). Os três subprogramas responderam por cerca de 86% do crédito contratado no período (gráfico 2).

GRÁFICO 2
Distribuição do crédito contratado entre as linhas do Programa ABC+ (2021-2022)
(Em %)



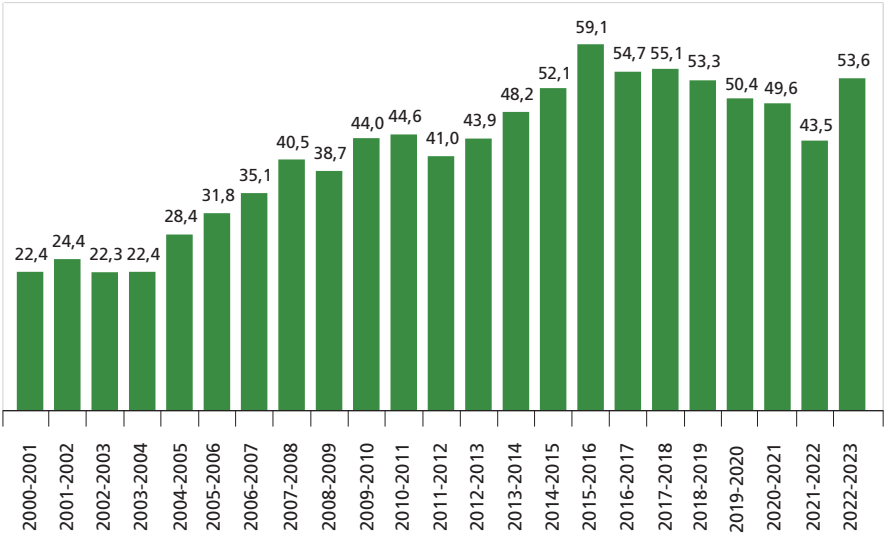
Fonte: BCB. Disponível em: <https://bit.ly/3ASiZVa>.
Elaboração da autora.
Obs.: Período de extração dos dados: 1º de janeiro de 2021 a 22 de agosto 2022.

2.2 Pronaf

Criado em 1996, o Pronaf tem por finalidade apoiar a capacidade produtiva e a renda dos agricultores familiares. Entre seus princípios, está a defesa do meio ambiente e a preservação da natureza (Decreto nº 3.991/2001). Calcula-se que, ao longo de sua existência, o Pronaf aplicou mais de R$ 250 bilhões, em cerca de 30 milhões de contratos (Brasil, 2021b).

Em valores corrigidos, observa-se que os recursos destinados ao Pronaf desde o Plano Safra 2000-2001 tiveram um progressivo crescimento até 2015-2016, quando chega ao seu maior valor (R$ 59,1 bilhões). A partir disso, reduz-se até 2021-2022, voltando a aumentar em 2022-2023, chegando a R$ 53,6 bilhões (gráfico 3).

GRÁFICO 3
Recursos destinados ao Pronaf (2000-2001 a 2022-2023)
(Em R$ bilhões)



Fonte: Planos Safra. Disponível em: <https://bit.ly/42o2sUw>.
Obs.: Valores corrigidos pelo IGP-M/FGV para julho de 2022.

Os recursos destinados ao Pronaf em 2022-2023 representavam 15,7% dos valores totais para o crédito rural previstos no plano. Contudo, a taxa de juros do Pronaf também aumentou: de 3% a 4,5% em 2021-2022 passou para 5% a 6% em 2022-2023.

Ao longo dos anos, várias mudanças ocorreram dentro do Pronaf, com a inserção de novas modalidades de crédito e a extinção de alguns subprogramas. Em resposta a algumas críticas – de que o programa estaria reproduzindo entre os agricultores familiares o modo de produção convencional, baseado na monocultura e no uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes químicos, com impacto ambiental elevado –, foram criadas algumas linhas especiais de crédito, visando promover práticas mais sustentáveis (Sambuichi *et al.*, 2012; Weid, 2006).

As linhas de produção sustentável do Pronaf, ou linhas verdes, abrangem: i) o Pronaf Floresta; ii) o Pronaf Semiárido; iii) o Pronaf Agroecologia; iv) o Pronaf Eco; e, mais recentemente, v) o Pronaf Bioeconomia. Este último incluiu finalidades bastante amplas, de modo a abranger as atividades previstas no Plano Nacional de Bioinsumos – como a implantação de unidades de produção de bioinsumos e biofertilizantes –, além de tratamento de dejetos e implantação de SAFs.

As linhas verdes do Pronaf iniciaram sua operação em anos distintos, a partir de 2003 (quadro 1). Contudo, o financiamento também ocorre pelas linhas tradicionais, e ainda não está disponível uma estimativa sobre o crédito total, incluindo as linhas tradicionais do Pronaf, direcionado para os sistemas agroecológicos e orgânicos de produção (Ipea, 2019).

QUADRO 1
Linhas de crédito do Pronaf voltadas à produção sustentável (2003-2022)

Linha de crédito	Início de operação	Finalidade
Pronaf Agroecologia	2005-2006	Financiamento dos sistemas de base agroecológica ou orgânicos. Inclui os custos relativos à implantação e à manutenção do empreendimento.
Pronaf Floresta	2003-2004	Financiamento de: SAFs; exploração extrativista sustentável (incluindo plano de manejo florestal); recomposição e manutenção de APPs e RLs, e recuperação de áreas degradadas; e enriquecimento de áreas, com o plantio de espécies florestais nativas do bioma.
Pronaf Semiárido	2003-2004	Investimentos em projetos de convivência com o semiárido, focados na sustentabilidade dos agroecossistemas e destinados à implantação, ampliação, recuperação ou modernização da infraestrutura produtiva, inclusive aquelas relacionadas com projetos de produção e serviços agropecuários e não agropecuários.
Pronaf Eco	2007-2008	Financiamento a pequenos aproveitamentos hidroenergéticos; uso de tecnologias de energia renovável e substituição de tecnologia de combustível fóssil por renovável nos equipamentos e nas máquinas agrícolas; tecnologias ambientais; projetos de adequação ambiental; adequação ou regularização das unidades familiares de produção à legislação ambiental; implantação de viveiros de mudas de essências florestais e frutíferas fiscalizadas ou certificadas; e silvicultura.
Pronaf Bioeconomia	2021-2022	Investimento em sistemas de exploração extrativista, de produtos da sociobiodiversidade, bioinsumos, energia renovável e sustentabilidade ambiental.

Fonte: BCB (2022); Ipea (2019).
Obs.: No Plano Safra 2022-2023, buscou-se alinhar o Plano ABC+ e as linhas verdes do Pronaf.

O valor total aplicado em linhas de produção sustentável ao longo do período de 2013 a 2022 – este último ano com dados parciais –, de cerca de R$ 2,3 bilhões, corresponde a cerca de 1% do crédito total concedido pelo Pronaf no período (R$ 233 bilhões), em todas as suas modalidades. Observa-se que a linha de produção sustentável que mais recebeu recursos no período foi a do Pronaf Semiárido (40,9%), seguida do Pronaf Eco (34,5%) e do Pronaf Floresta (14%). A linha de Bioeconomia, mais recente, recebeu 8,7% dos recursos, enquanto a de Agroecologia recebeu apenas 1,7% (tabela 5).

Considerando-se apenas o período 2021-2022, havia 43.076 contratos vigentes nas linhas de produção sustentável do Pronaf, as quais foram renomeadas no Plano Safra 2022-2023 para serem integradas com o Programa ABC+. O valor total contratado nessas linhas foi de R$ 864,4 milhões, o que corresponde a 1,40% do total de crédito contratado em todas as linhas do Pronaf (R$ 60,8 bilhões) no período. Na distribuição de recursos, observa-se que a linha com maior volume de recursos no período 2021-2022 foi o Pronaf Eco (32,19%), seguido do Pronaf

ABC+ Bioeconomia/Silvicultura (29,33%), Pronaf ABC+ Semiárido (22,53%) e Pronaf ABC+ Floresta (15,49%). O Pronaf ABC+ Agroecologia recebeu apenas 0,46% dos recursos contratados (tabela 6).

TABELA 5
Linhas de produção sustentável no Pronaf: número de contratos e crédito concedido (2013-2022)

Linha de crédito – subprograma	Contratos (números absolutos)	Crédito concedido	
		R$	%
Pronaf Agroecologia	1.936	39.610.919,45	1,7
Pronaf Semiárido	173.306	936.499.958,79	40,93
Pronaf Floresta	16.835	320.764.664,73	14,03
Pronaf Eco	14.129	789.688.641,98	34,52
Pronaf Bioeconomia	3.121	201.004.570,05	8,78
Total	**209.327**	**2.287.568.755,00**	**100**

Fonte: BCB. Disponível em: <https://bit.ly/3ASiZVa>.
Elaboração da autora.
Obs.: 1. O crédito concedido refere-se ao montante de recursos liberados ao beneficiário.
2. Período disponível na data consultada, sendo 2022 com dados parciais até abril.

TABELA 6
Linhas de produção sustentável no Pronaf e ABC+: número de contratos e crédito concedido (2021-2022)

Linha de crédito – subprograma	Contratos vigentes (números absolutos)	Crédito concedido	
		R$	%
Pronaf ABC+ Agroecologia	90	3.991.396	0,46
Pronaf ABC+ Semiárido	28.202	194.737.645	22,53
Pronaf ABC+ Floresta	6.511	133.944.988	15,49
Pronaf Eco (energia renovável e sustentabilidade ambiental)	4.329	278.245.765	32,19
Pronaf ABC+ Bioeconomia/Silvicultura	3.944	253.566.073	29,33
Total do Pronaf sustentável	**43.076**	**864.485.867**	**100**
Total do Pronaf geral	**2.169.708**	**60.790.280.421**	**-**

Fonte: BCB. Disponível em: <https://bit.ly/3ASiZVa>.
Elaboração da autora.
Obs.: 1. O crédito concedido refere-se ao montante de recursos liberados ao beneficiário.
2. Período de extração dos dados (janeiro de 2021 a 22 de agosto de 2022).

2.3 Dificuldades de execução nas linhas de produção sustentável

Apesar do volume significativo de recursos destinados às linhas verdes do Pronaf e ao Programa ABC+, quando se considera, por exemplo, o total de crédito rural contratado no período de 1º de janeiro de 2021 a 22 de agosto de 2022 no Brasil (R$ 465,1 bilhões), observa-se que a quantia relacionada à sustentabilidade,

somando-se os valores das linhas sustentáveis do Pronaf e do Programa ABC+, representava cerca de R$ 4,5 bilhões, ou seja, apenas 0,97% do total do crédito agrícola concedido no período.

Tanto as linhas de crédito do Pronaf voltadas à produção sustentável quanto as destinadas ao Programa ABC tiveram um baixo desempenho em seus anos iniciais. Uma das possíveis explicações para a reduzida demanda ao financiamento estava na falta de conhecimento das linhas existentes, aliada à ausência de interesse ou sensibilidade dos produtores rurais pela temática ambiental. Houve dificuldades quanto à burocracia no regulamento das linhas de crédito ABC, com excesso de exigências para cumprir os critérios de elegibilidade. O acesso ao crédito do programa exige que os produtores tenham um plano detalhado de produção para os sistemas agrícolas sustentáveis financiados, os quais geralmente envolvem tecnologias novas e informação de ponta. Assim, os produtores que não tiveram acesso à assistência técnica tiveram dificuldades. Além disso, observou-se falta de conhecimento ou interesse das instituições financeiras e dos agentes bancários locais quanto a esse tipo de crédito, que requer um treinamento das equipes técnicas sobre as práticas financiadas e maior divulgação, de modo a atrair os produtores (Lopes, Lowery e Peroba, 2016; Gasparini *et al.*, 2017).

A fim de superar estas dificuldades, foram feitos ajustes nessas linhas, com maior apoio técnico à realização dos projetos, redução da taxa de juros e maior acesso à assistência técnica e extensão rural (Ater), entre outras medidas que contribuíram para melhorar paulatinamente o desempenho das linhas de crédito voltadas à produção sustentável ao longo dos anos (Ipea, 2019; Cardoso, 2011; Ipam, 2017; Souza, Herschmann e Assunção, 2020).

2.4 Impacto do crédito rural na sustentabilidade ambiental

Levantamento realizado pelo Mapa identificou, além do Programa ABC e das linhas verdes do Pronaf, outras linhas de financiamento do Plano Safra que contribuiriam para a produção sustentável, com investimentos que poderiam até superar essas linhas mais diretamente relacionadas a este tipo de produção (Brasil, 2021d). Por exemplo:

- o Programa de Financiamento à Agricultura Irrigada (Proirriga) – no apoio a tecnologias sustentáveis de irrigação;
- o Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (Moderagro) – na recuperação de solos; e
- o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária (Inovagro) – na geração e na distribuição de energia alternativa e renovável, na pecuária e na agricultura de precisão e em outras tecnologias.

Assunção *et al*. (2020) realizaram pesquisa sobre o impacto do crédito rural (em todas as suas linhas) na agropecuária e no meio ambiente, a partir de dados em painel dos municípios brasileiros para o período de 2002 a 2018. A análise mostrou que os empréstimos no período levaram a melhorias em uma série de indicadores, como o produto interno bruto (PIB) agropecuário e a produtividade agrícola. Além disso, a oferta de crédito também estaria gerando benefícios ambientais, ao levar ao deslocamento do uso da terra de alternativas menos produtivas para outras com melhor aproveitamento (pastos para cultivos agrícolas), com o efeito de reduzir o desmatamento nas propriedades rurais e aumentar as áreas florestais.

Nesse sentido, Assunção e Souza (2020) apontaram uma diferença significativa entre o crédito associado a grandes produtores (Recursos Obrigatórios e Poupança Rural) e o destinado a pequenos produtores, via Pronaf. O crédito ao primeiro grupo levaria ao aumento de produção, mas também estaria relacionado à expansão de terras de cultivo agrícola e, portanto, ao desmatamento. Por seu turno, o crédito via Pronaf demonstrou levar a maior ganho em área de floresta. Isso indicaria que os grandes produtores já estão no ponto ótimo de produção no que se refere à eficiência no uso da terra, e que mais crédito levaria à incorporação de novas terras à produção, na medida em que não poderiam obter novos ganhos em produtividade. O oposto ocorre com os pequenos produtores, que têm margem para aumentar a produtividade com aporte tecnológico e outros benefícios proporcionados pelo crédito agrícola, diminuindo a necessidade de incorporação de novas terras para aumentar a produção.

3 TÍTULOS VERDES

O mercado dos chamados títulos verdes (*green bonds*) vem se colocando como alternativa para aumentar a participação dos investimentos privados no financiamento da produção agrícola sustentável. Os títulos verdes são títulos públicos emitidos com selo de boas práticas ambientais, sociais e de governança (ASG). O conceito visa desenvolver diretrizes e recomendações sobre como melhor integrar tais práticas na gestão de ativos nas instituições financeiras (UN e FDFA, 2004).

A oferta de produtos com selo de boas práticas ASG incentiva as empresas a adotarem critérios de sustentabilidade para acessar esse mercado. Entre os fatores ambientais que podem ser considerados, estão: a redução de emissão de GEE, a economia de recursos naturais no processo de produção e a destinação adequada de resíduos por parte do empreendimento (Calderan *et al*., 2021).

A expansão na adesão a esses títulos de finanças verdes vem sendo apoiada pelo Mapa,[5] em parceria com a Climate Bonds Initiative,[6] que identificou o Brasil

5. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/financas-verdes>. Acesso em: 28 nov. 2022.

6. A CBI é uma instituição sem fins lucrativos que media a aplicação de títulos verdes, sendo a principal autoridade internacional e certificadora global desses títulos.

como um dos mercados com maior potencial de crescimento de títulos verdes no setor agrícola, estimado em US$ 163,3 bilhões em um horizonte até 2030. Entre as áreas com maior potencial de investimento, estão: a regularização ambiental das propriedades rurais, a recuperação de pastagens degradadas, o uso de biodefensivos e biofertilizantes, o tratamento de resíduos animais e a integração pecuária-floresta (CBI, 2020).

No caso da agropecuária, destacam-se a Cédula de Produto Rural (CPR) e o Certificado de Recebíveis do Agronegócio (CRA) com selos verdes, apresentados a seguir.

3.1 Cédula de Produto Rural Verde

A CPR foi instituída pela Lei nº 8.929/1994 como um título de crédito com o qual os agricultores podem financiar sua produção, podendo ser emitido por pessoa física ou jurídica. O agricultor emite uma CPR considerando a sua produção prevista, a qual é negociada pelo setor privado no mercado de ações, antecipando o crédito ao produtor.

Além dos produtos obtidos tradicionalmente na atividade rural (derivados da agricultura, pecuária, florestas plantadas, pesca e aquicultura), a Lei nº 13.986/2020[7] passou a considerar como produtos rurais aqueles obtidos das atividades relacionadas à conservação ou ao manejo de florestas nativas no âmbito do programa de concessão de florestas públicas, ou obtidos em outras atividades florestais que vierem a ser definidas pelo Poder Executivo como ambientalmente sustentáveis (art. 1º, § 2º).

A CPR para o grupo de produtos relacionados à conservação florestal vem sendo denominada de CPR Verde ou CPR Ambiental. Os agricultores podem emitir a CPR Verde para antecipar recursos, como um pagamento pelos serviços ambientais prestados na conservação de recursos naturais, visto que o proprietário rural deixa de desmatar novas áreas de vegetação, que poderia usar para expandir sua produção agropecuária.

Assim, o produtor, em vez de se comprometer a entregar o resultado da produção agropecuária em pagamento, pode dar como garantia a manutenção de determinada área florestal a ser mantida conservada. A CPR Verde poderá ser emitida também para as áreas de preservação obrigatórias da propriedade rural, como as APPs ou RLs. Além do produtor rural, de associações e de cooperativas rurais, o instrumento também poderá ser emitido pelo concessionário de florestas nativas ou plantadas (Brasil, 2021a).

7. Institui o Fundo Garantidor Solidário (FGS); dispõe sobre o patrimônio rural em afetação, a Cédula Imobiliária Rural (CIR), a escrituração de títulos de crédito e a concessão de subvenção econômica para empresas cerealistas; e altera diversas legislações anteriores.

De acordo com o Decreto nº 10.828/2021, que regulamenta a emissão de CPR relacionada às atividades de conservação e recuperação de florestas nativas e de seus biomas, a CPR Verde pode ser emitida para lastrear os produtos rurais obtidos por meio das atividades que resultem em: redução de emissões de GEE; manutenção ou aumento do estoque de carbono florestal; redução do desmatamento e da degradação de vegetação nativa; conservação da biodiversidade; conservação dos recursos hídricos; conservação do solo; ou outros benefícios ecossistêmicos. O Decreto nº 10.828/2021 não define a metodologia ou os critérios para mensuração dos serviços ambientais, indicando apenas que a CPR Ambiental "será acompanhada de certificação por terceira parte para indicação e especificação dos produtos rurais que a lastreiam" (Brasil, 2021e, art. 3º).

O mercado desses títulos está apenas em seu início. A primeira operação na nova modalidade foi realizada pelo Banco do Brasil em abril de 2022, denominada CPR Preservação, com produtor proprietário da fazenda Alpes, em Santa Lúcia (São Paulo), mediante a emissão de título no valor de R$ 1,917 milhão, correspondendo a uma área de preservação ambiental de 1.099 ha (Fazenda..., 2022). A emissão da CPR contou com certificação externa de terceira parte da Global Certification System, a partir dos relatórios de auditoria realizados. Os valores financiáveis pelo banco são estabelecidos por bioma de localização do estabelecimento rural.

3.2 CRA Verde

Os CRAs são títulos de renda fixa que se lastreiam em projetos de produtores rurais. Quando tais projetos são sustentáveis – atendendo às diretrizes ASG –, são chamados de CRAs Verdes. Para a emissão do CRA Verde, o projeto precisa apresentar metas claras e processos estruturados de monitoramento, com a previsão de emissão de relatórios sobre o uso dos recursos e os impactos verificados, até o vencimento do título.[8]

Em 2021, foram realizadas as três primeiras operações de emissão de CRAs Verdes – pioneiras no Brasil e no mundo – pela CBI, descritas a seguir.[9]

1) Uma emissão destinada ao financiamento agrícola para a empresa Rizoma Agro, na qual foram captados R$ 25 milhões para custeio e investimento em uma área de 1.200 ha voltada à produção de orgânicos.
2) Para a Solinftec, empresa de monitoramento agrícola, no valor de R$ 140 milhões, visando à realização de investimentos em agricultura de precisão, alinhados às categorias de eficiência energética e adaptação às mudanças climáticas.

8. Disponível em: <https://legislacaoemercados.capitalaberto.com.br/em-busca-de-melhor-desempenho-produtores-emitem-cra-verde/>.

9. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/financas-verdes/principais-casos>. Acesso em: 8 set. 2022.

3) Uma operação em grupo (batizada de Verde.Tech), com sete produtores rurais do Centro-Oeste, no valor total de R$ 63,3 milhões. Os produtores assumiram o compromisso de preservar 24,6 mil ha de áreas protegidas, incluindo o entorno de 387 km de rios e 141 nascentes (Barbosa, 2021).

Como o mercado de CRAs com selo verde é bastante recente no Brasil, ainda não é possível dimensionar seu impacto, que dependerá da adesão que terá no mercado nos próximos anos.

4 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA)

4.1 Caracterização do PSA

O PSA é um instrumento econômico de proteção ambiental que envolve o pagamento direto entre beneficiários de serviços ecossistêmicos e seus provedores. Na prática, o instrumento combina mecanismos de mercado com regulamentação governamental e subsídios aos agricultores (Eloy, Coudel e Toni, 2013).

O PSA é uma transação voluntária, na qual o serviço ecossistêmico é compensado se o seu provedor for capaz de garantir a provisão do serviço em questão (Andrade e Fasiaben, 2009; Wunder, 2005). O instrumento baseia-se no princípio do provedor-recebedor: quem presta um serviço ecossistêmico que gera benefícios externos – à coletividade ou a um grupo de usuários – tem o direito de ser compensado pelo custo de oportunidade de não usar a área para outra finalidade (Pasqualetto e Oliveira Júnior, 2020).

Para que sejam eficientes, os esquemas de PSA devem atender a duas condições: os pagamentos devem cobrir ao menos o custo de oportunidade do uso da terra a ser compensado, e o montante a ser pago deve ser inferior ao valor econômico da externalidade ambiental – pois, se for maior, o usuário prefere sofrer a externalidade (Kosoy *et al.*, 2006).

A Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) foi instituída pela Lei nº 14.119/2021, visando, entre outros objetivos, recuperar ou melhorar os serviços ecossistêmicos no país. A lei também criou o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA).

Antes mesmo da criação da PNPSA, a possibilidade de fazer pagamentos por serviços ambientais já estava prevista em algumas legislações ambientais, como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e a PNRH (Lei nº 9.433/1997), e na Constituição Federal de 1988 (CF/1988), em relação aos *royalties* e a compensações financeiras, que devem ser repassadas pelas usinas hidroelétricas aos municípios e estados, de acordo com a área de alagamento. A criação da PNPSA vem, portanto,

dar maior segurança jurídica a diversos arranjos de PSA existentes ou a serem criados, permitindo que sejam captados recursos de diferentes fontes.

De acordo com a PNPSA, serviços ambientais são "atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos" (Brasil, 2021f, art. 2º, inciso III). Por sua vez, os serviços ecossistêmicos são definidos como "benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais" (Brasil, 2021f, art. 2º, inciso II), podendo ocorrer nas modalidades de: serviços de provisão (tais como água, alimentos, madeira), serviços de suporte (como ciclagem de nutrientes, polinização, controle de pragas), serviços de regulação (tais como sequestro de carbono, purificação do ar ou controle de erosão) e ainda serviços culturais (entre os quais, recreação, turismo e desenvolvimento intelectual).

O pagamento por serviços ambientais corresponde à

> transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes (Brasil, 2021f, art. 2º, inciso IV).

A PNPSA é gerida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), como órgão central do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), e prioriza os serviços providos por comunidades tradicionais, povos indígenas, agricultores familiares e empreendedores familiares rurais, definidos nos termos da Política Nacional da Agricultura Familiar (Lei nº 11.326/2006).

O pagamento dos serviços ambientais pode ser feito por diversas modalidades, tais como: pagamento direto, prestação de melhorias sociais a comunidades rurais e urbanas, compensação vinculada à certificação de redução de emissões, títulos verdes, comodato e as Cotas de Reserva Ambiental, instituída pela Lei nº 12.651/2012. Os recursos podem ser captados de pessoas físicas ou jurídicas de direito privado, bem como de agências multilaterais e bilaterais de cooperação internacional, preferencialmente sob a forma de doações ou sem ônus para o Tesouro Nacional.

4.2 Pagamento por serviços ambientais nas áreas agrícolas

Com a PNPSA (Lei nº 14.119/2021), o agricultor que realiza atividades para cuidar de RL, APP e outras áreas de vegetação nativa em sua propriedade poderá ser remunerado. A política busca promover diversas ações relacionadas às áreas agrícolas, tais como (art. 7º): i) conservação e recuperação da vegetação nativa, da vida silvestre e do ambiente natural em áreas rurais; e ii) conservação e melhoria da quantidade e da qualidade da água e manejo sustentável de sistemas agrícolas, agroflorestais e agrossilvopastoris, que contribuam para a captura e a retenção de carbono e a conservação do solo, da água e da biodiversidade. Deve ser realizado um contrato para

o pagamento por serviços ambientais, no qual constarão os direitos e as obrigações, tanto do provedor quanto do pagador, e as condições de acesso do poder público à área objeto do contrato. Nas propriedades rurais, o contrato pode ser vinculado ao imóvel por meio da instituição de servidão ambiental.

A maior parte dos esquemas de PSA trabalha com três grupos de serviços ambientais: proteção hídrica, sequestro de carbono e conservação da biodiversidade (Landell-Mills e Porras, 2002).

Entre as experiências de PSA no Brasil em áreas rurais, destaca-se o Projeto Floresta+, voltado para a conservação e a restauração da vegetação nativa. O projeto conta com o valor total de R$ 500 milhões e será implementado até 2026 com recursos do Fundo Verde para o Clima (Green Climate Fund – GCF), sendo coordenado pelo MMA. Uma das modalidades do projeto é o Floresta+ Agro, que busca estimular a remuneração a produtores rurais que protegem APPs e RLs (Brasil, 2022a).

Outro exemplo é o Programa Produtor de Água (PPA), da Agência Nacional de Águas (ANA), cujo foco são os serviços ecossistêmicos hídricos. O PPA é um programa de controle da poluição difusa rural, voltado para bacias hidrográficas de importância estratégica para o país. O programa é de adesão voluntária para produtores rurais que se proponham a adotar práticas e manejos conservacionistas em suas terras para a preservação do solo e da água. Considera-se que as áreas naturais das propriedades rurais prestam serviços ambientais para a sociedade (como infiltração da água no solo e filtragem de sedimentos) e, portanto, devem gerar remuneração por isso. Os recursos financeiros para o pagamento provêm de diversas fontes, como os comitês de bacias hidrográficas (Carneiro e Sousa, 2020; Santos, Domingues e Gisler, 2010).

Pode-se mencionar, ainda, o mercado das Cotas de Reserva Ambiental, título nominativo representativo de área com vegetação nativa, existente ou em processo de recuperação, previsto no Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). O título permite ao proprietário de imóvel rural com RL conservada em área superior (excedente) aos percentuais exigidos na lei negociar a área excedente com outro proprietário que necessite de área adicional para cumprir sua exigência de RL.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Instrumentos de financiamento são fundamentais para viabilizar a expansão da agricultura sustentável e tornar seus produtos mais competitivos no mercado, tendo em vista não apenas atender a legislação brasileira, mas também evitar barreiras de exportação. Por exemplo, em 2022, o Parlamento Europeu aprovou a Deforestation Regulation (Regulamento sobre o Desmatamento da

União Europeia).[10] A medida visa proibir a comercialização, a importação e a exportação de produtos agropecuários associados ao desmatamento (Munhoz, Valente e Vargas, 2022). Atender às exigências para estar em conformidade com o sistema regulatório da União Europeia, segundo maior destino das exportações brasileiras, leva a custos adicionais para os agricultores (Martins, 2022).

Nesse sentido, o crédito rural no Brasil é um instrumento para reconciliar os objetivos de produção e conservação, direcionando os recursos públicos para impulsionar uma agricultura mais sustentável, bem como para apoiar a implementação do Código Florestal. Sem o acesso a crédito subsidiado, os produtores têm pouco incentivo financeiro para superar os custos iniciais de aprendizagem e aquisição de novas tecnologias para a transição para agricultura sustentável. Em tal cenário, o uso de sistemas de produção convencional permaneceria (Lopes, Lowery e Peroba, 2016).

Contudo, um sistema de crédito rural mais efetivo para promover a agropecuária sustentável passa pelo maior apoio à assistência técnica na elaboração e na implementação de projetos, visto que as práticas a serem implementadas são inovadoras em relação à agricultura convencional e podem envolver maiores riscos. Essa assistência técnica pode ser subsidiada ou incorporada via mercado, já que o Estado não conta com recursos suficientes para oferecê-la de forma gratuita (Braga, Vieira Filho e Freitas, 2019). Além disso, é desejável a disseminação de estudos que demonstrem a rentabilidade das práticas sustentáveis em comparação às convencionais.

O mercado de títulos verdes é visto como uma alternativa promissora para atrair o capital privado para apoiar a agricultura sustentável. A maior expansão no volume desses títulos dependerá de maior clareza e divulgação quanto às oportunidades existentes, bem como sobre os mecanismos regulatórios sobre esses títulos (CBI, 2020).

Por fim, o PSA teve um maior impulso após a criação da PNPSA (Lei nº 14.119/2021). O instrumento é visto como uma estratégia interessante para compensar os serviços ecossistêmicos prestados pelos produtores rurais na manutenção de áreas de preservação de vegetação nativa, podendo contribuir para a agregação de renda para o agricultor.

10. Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu sobre a disponibilização no mercado da União Europeia, bem como a exportação da União Europeia, de certas *commodities* e produtos associados ao desmatamento e à degradação florestal, e que revoga o Regulamento da UE nº 995/2010.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. C.; FASIABEN, M. do C. R. A utilização dos instrumentos de política ambiental para a preservação do meio ambiente: o caso dos pagamentos por serviços ecossistêmicos (PSE). *In*: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 8., 2009, Cuiabá, Mato Grosso. **Anais**... Cuiabá: EcoEco, 2009.

ARAÚJO, W. V. *et al*. Crédito rural: política e desempenho. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea, 2020.

ASSUNÇÃO, J. J. *et al*. The effect of rural credit on deforestation: evidence from the Brazilian Amazon. **The Economic Journal**, v. 130, p. 290-330, 2019.

ASSUNÇÃO, J. J. *et al*. **Does credit boost agriculture?** Impacts on Brazilian rural economy and deforestation. Rio de Janeiro: CPI/PUC-Rio; BCB, 2020.

ASSUNÇÃO, J. J.; SOUZA, P. **Os impactos do crédito rural na produção agropecuária e no uso da terra**: uma análise por linhas de crédito, tipo de produtor e finalidade do crédito. Rio de Janeiro: CPI/PUC-Rio, 2020. (Resumo para Políticas Públicas).

BARBOSA, M. Primeiro CRA verde coletivo recebe selo internacional da Climate Bonds Initiative. **O Globo**, 14 jun. 2021. Disponível em: <https://blogs.oglobo.globo.com/capital/post/>.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Manual de Crédito Rural (MCR)**. Brasília: BCB, 2022. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr>. Acesso em: 11 abr. 2022.

BRAGA, M. J.; VIEIRA FILHO, J. E.; FREITAS, C. O. Impactos da extensão rural na renda produtiva. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Brasília: Ipea, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: Mapa, 2012. Disponível em: <https://goo.gl/1RLPDs>.

_____. **Diretrizes para o desenvolvimento sustentável da agropecuária brasileira**. Brasília: Mapa, 2020.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**. Relatório final de monitoramento e avaliação: ciclo 2016-2020. Brasília: MMA, 2021a.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária**: 2020-2030. Plano operacional. Brasília: Mapa, 2021b.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC em números**. Brasília: Mapa, 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros>. Acesso em: 10 mar. 2022.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A contribuição do Plano Safra para o fortalecimento de sistemas produtivos ambientalmente sustentáveis**. Brasília: Mapa; SPA; Defin, 2021d.

_____. Decreto nº 10.828, de 1º de outubro de 2021. Regulamenta a emissão de Cédula de Produto Rural. **Diário Oficial da União**, 4 out. 2021e. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Decreto/D10828.htm>.

_____. Decreto nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**, 14 jan. 2021f. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm>.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Floresta+ Inovação é apresentado a empresários, investidores e empreendedores em evento no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: MMA, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/floresta-inovacao-e-apresentado-a-empresarios-investidores-e-empreendedores-em-evento-no-rio-de-janeiro>.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Florestal Brasileiro. **Regularização ambiental**: boletim informativo. Brasília: Mapa; SBF, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/boletim-informativo-car/BoletimCARAGOrevisadoatualizados.pdf>.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Agriculture and environment: a conflictive and ambiguous antinomy in recent Brazilian development. *In*: BUAINAIN, A. M.; LANNA, R.; NAVARRO, Z. (Ed.). **Agricultural development in Brazil**: the rise of a global agro-food power. New York: Routledge, 2019.

CALDERAN, A. M. *et al*. ESG no Brasil. *In*: **ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO (EIGEDIN)**, v. 5, n. 1, 29 set. 2021.

CARDOSO, L. V. (Org.). **Financiamento agroambiental no Brasil**: subsídio para Desenvolvimento de políticas de crédito de apoio à regularização ambiental de propriedades rurais. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.

CARNEIRO, J. P. S.; SOUSA, J. S. Pagamento de serviços ambientais: uma análise sobre sua implantação. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 9, n. 18, 2020.

CBI – CLIMATE BONDS INITIATIVE. **Destravando o potencial de investimentos verdes para agricultura no Brasil**. London: CBI, 2020.

ELOY, L.; COUDEL, E.; TONI, F. Dossiê pagamentos por serviços ambientais no Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 1, p. 17-20, 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Áreas dedicadas à preservação da vegetação nativa pelo mundo rural no Brasil em 2021**. Campinas: Embrapa Territorial, 2021. Disponível em: <http://www.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 23 out. 2022.

FAZENDA de cana na região de Araraquara é a primeira a receber CPR ambiental do BB. **Portal RCIA**, 7 abr. 2022. Disponível em: <https://rciararaquara.com.br/agronegocio/fazenda-de-cana-na-regiao-de-araraquara-sera-a-primeira-a-receber-cpr-ambiental-do-bb/>. Acesso em: 2 maio 2022.

GASPARINI, L. V. L. *et al*. **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão**: estudos de casos no Mato Grosso. Brasília: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2296).

GLIESSMAN, S. R. Agroecology and agroecosystems. *In*: PRETTY, J. (Ed.). **The Earthscan Reader in sustainable agriculture**. London: Earthscan, 2005.

HELFAND, S. M. The distribution of subsidized agricultural credit in Brazil: do interest groups matter? **Development and Change**, n. 32, v. 3, p. 465-490, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>.

_____. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil**: 2018-2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IPAM – INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA; GCP – GLOBAL CANOPY PROGRAMME. **Instrumentos financeiros para a agricultura sustentável**: o estudo de caso do Mato Grosso. Brasília: Ipam; GCP, 2017.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Planapo)**: linha histórica e dados referenciais. Brasília: Ipea, 2019. (Relatório de Pesquisa).

KOSOY, N. *et al*. Payments for environmental services in watersheds: insights from a comparative study of three cases in Central America. **Ecological Economics**, v. 59, n. 1, p. 131-141, 2006.

LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, I. T. **Silver bullet or fools' gold?** A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor. London: International Institute for Environment and Development, 2002.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518- 534, 2018.

LOPES, D.; LOWERY, S.; PEROBA, T. L. C. Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da agropecuária sustentável. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 45, 2016.

MARTINS, M. M. **Rejeições fronteiriças de produtos agroalimentares do Brasil pela União Europeia**. Brasília: Ipea, 2022. (Nota Técnica, n. 60).

MUNHOZ, L.; VALENTE, F.; VARGAS, D. **Definição de desmatamento na nova regulação europeia e implicações**. Rio de Janeiro: FGV, out. 2022. (Nota do Observatório de Bioeconomia). Disponível em: <https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-02/nota_-_definicao_de_desmatamento.pdf>.

PASQUALETTO, A.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. S. Pagamento por serviços ambientais na agropecuária brasileira. *In*: SCHIMIDT, F.; SILVA NETO, C. M. **Cognoscere**: cadernos temáticos de pesquisa do IFG. Goiânia: Editora IFG, 2020. v. 2.

PINTO, L. C. G. **Notas sobre política agrícola e crédito rural**. Campinas: [s.n.], 1980.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al*. **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira**: impactos, políticas públicas e desafios. Brasília: Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 1782).

SANTANA, C. A. M.; GASQUES, J. G. Agricultural development in Brazil: the role of agricultural policies. *In*: BUAINAIN, A. M. *et al*. (Ed.). **Agricultural development in Brazil**: the rise of a global agro-food power. New York: Routledge, 2019. cap. 8, p. 46-69.

SANTOS, D. G.; DOMINGUES, A. F.; GISLER, C. V. T. Gestão de recursos hídricos na agricultura: o programa produtor de água. *In*: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 353-376, 2010.

SOUZA, P.; HERSCHMANN, S.; ASSUNÇÃO, J. J. **Política de crédito rural no Brasil**: agropecuária, proteção ambiental e desenvolvimento econômico. Rio de Janeiro: CPI; PUC-Rio, 2020.

TELLES, T. S. *et al*. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Brasília: Ipea, 2021. (Texto para Discussão, n. 2638).

UN – UNITED NATIONS; FDFA – SWISS FEDERAL DEPARTMENT OF FOREIGN AFFAIRS. **Who cares wins**: connecting financial markets to a changing world. Geneva: UNEPFI, 2004. (The Global Compact). Disponível em: <https://www.unepfi.org/fileadmin/events/2004/stocks/who_cares_wins_global_compact_2004.pdf>.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Agricultura e pecuária, energia e o efeito poupa-florestas**: um comparativo internacional. Brasília: Ipea, 2022a. (Nota Técnica, n. 30).

_____. **Indicadores de produtividade e sustentabilidade do setor agropecuário brasileiro**. Brasília; Ipea, 2022b. (Nota Técnica, n. 29).

WEID, J. M. von der. A transição agroecológica das políticas de crédito voltadas para a agricultura familiar. **Revista Agriculturas**, v. 3, n. 1, p. 18-20, 2006.

WILSON, C.; TISDELL, C. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs? **Ecological Economics**, v. 39, n. 3, p. 449-462, 2001.

WUNDER, S. **Payments for environment services**: some nuts and bolts. Jakarta: Center for International Forestry Research, 2005.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília: Embrapa, 2018.

CAPÍTULO 11

PECUÁRIA DE BAIXO CARBONO: RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE

Talita Priscila Pinto[1]

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é a principal atividade econômica em muitos países de renda baixa a moderada[2] e emprega um grande número de trabalhadores em todo o mundo (Pnuma, 2011; Cepal, 2017).[3,4] O Brasil é um bom exemplo da relevância do setor tanto a nível global como local. O país está entre os principais produtores e exportadores mundiais de uma diversidade de produtos, como: soja, café, milho, açúcar, algodão, suco de laranja e o complexo das carnes (suína, bovina e de frango) (USDA, 2023). Nacionalmente o agronegócio é importante fonte de renda, respondendo por 27,4% do produto interno bruto (PIB) nacional, R$ 2,4 trilhões, dos quais o segmento de insumos representa 6%, agropecuária, 29%, agroindústria, 23% e distribuição, 42%. Além disso, é responsável por 20% dos empregos e 43% de todas as exportações do país (Cepea, 2022a; Ipea, 2022; Brasil, 2022a; 2022b). Esse desempenho coloca o Brasil em uma posição estratégica como um dos principais fornecedores de alimentos para o mundo.

Impulsionada pelo avanço populacional, a demanda por alimentos está aumentando rapidamente (Cheng, McCarl e Fei, 2022). Ao mesmo tempo, a produção agropecuária enfrenta uma crescente pressão com as mudanças climáticas, com as oscilações em padrões de precipitação e com o aumento o aumento de temperaturas e da frequência de extremos climáticos (IPCC, 2014). Essas mudanças já afetam localmente o desempenho do setor e podem gerar impactos negativos crescentes ao longo dos próximos anos (Escarcha, Lassa e Zander, 2018). Além disso, uma parcela do setor, especificamente a pecuária, é fonte direta de emissões de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) e fonte indireta de emissões desses gases e de carbono (CO_2), com as mudanças do uso da terra (Gerber *et al.*, 2013).

A interação entre as mudanças climáticas e as demandas crescentes da produção pecuária adicionam um elemento na busca pelos ganhos de produtividade: reduzir as

---

1. *Project management officer* do Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia da Fundação Getulio Vargas (FGV). *E-mail*: <talita.pinto@fgv.br>.

2. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/sl.agr.empl.zs> e <https://www.fao.org/faostat/en/#country/21>.

3. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#country/21>.

4. Disponível em: <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html?lang=es>.

emissões de gases do efeito estufa (GEE) e, ao mesmo tempo, aumentar a resiliência aos impactos gerados pelas variações do clima. Para conduzir o setor ao alcance de seus objetivos, em 2010 foi lançado o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC). Esse plano foi desenvolvido com a clara ambição de estimular e monitorar a adoção de práticas que sejam capazes de reduzir emissões e gerar resiliência sem comprometer a produtividade e o crescimento do setor.

As práticas propostas pelo plano buscam aliar conservação de recursos naturais e ambientais e resultados econômicos. Entre essas práticas estão a integração de sistemas (lavoura, pecuária e floresta em uma mesma área), conhecida como Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), e a recuperação de pastagens degradadas. A fim de entender melhor os efeitos dessas práticas, estimou-se o potencial mitigador por hectare da tecnologia ILPF no Brasil, bem como o retorno econômico gerado pela tecnologia de recuperação de pastagens degradadas de acordo com a meta proposta pelo próprio Plano ABC: a de se recuperar 30 milhões de hectares de pastagens até 2030. Os resultados mostram que tecnologias como ILPF são capazes de promover a neutralidade climática ao setor de pecuária e que a recuperação de pastos degradados, além de contribuir com o processo de sequestro de carbono da atmosfera, também gera retornos econômicos superiores ao seu custo de implementação.

Além desta breve introdução, este estudo apresentará o panorama do setor de pecuária no Brasil, o Plano ABC e Plano ABC+, com foco nas tecnologias de ILPF e na recuperação de pastagens degradadas, e os resultados encontrados ao se analisarem essas tecnologias.

2 PANORAMA DA PECUÁRIA BRASILEIRA

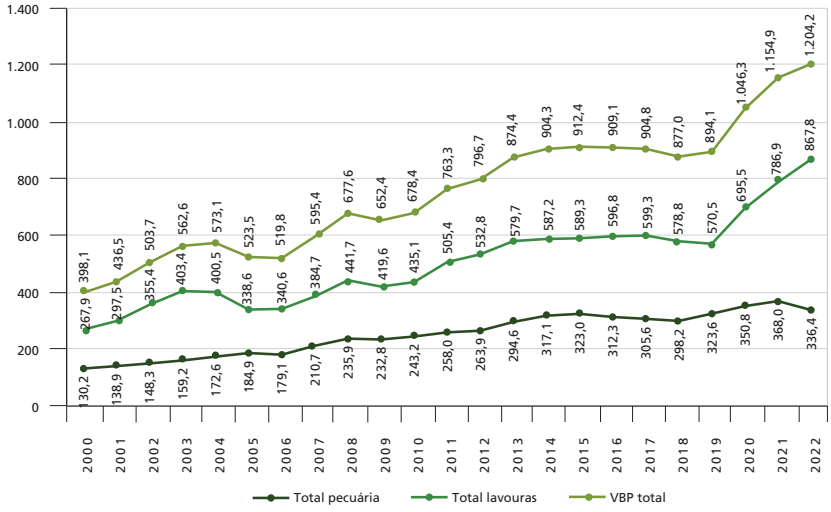
Um dos principais segmentos da agricultura brasileira é o setor de pecuária. Dos R$ 1.204,2 bilhões gerados em valor bruto da produção (VBP) pela agropecuária, cerca de 27,9% (R$ 336,4 bilhões) vêm da pecuária, conforme o gráfico 1. O segmento de pecuária bovina é o mais representativo, com VBP de R$ 152,8 bilhões.

Em 2021, estimou-se que o rebanho brasileiro atingiu 224,6 milhões de cabeças, enquanto a área de pastagem chegou a 161,0 milhões de hectares, conforme o gráfico 2. A evolução observada a partir de 1990 mostra que, enquanto o rebanho cresceu 52,7% a uma taxa média de 1,4% ao ano (a.a.), a pastagem cresceu 16,7% a uma taxa média menor, de 0,5% a.a. Esse desempenho mostra que houve intensificação do rebanho. Enquanto, em 1990, a taxa de lotação observada era de 1,1 cabeça por hectare, em 2021, chegou 1,4 cabeça por hectare. A intensificação do uso das pastagens e o crescimento da taxa de lotação são condições necessárias para reduzir a pressão por abertura de novas áreas, contribuir com a agenda ambiental (Feres e Ferreira, 2020) e reduzir emissões associadas ao setor.

GRÁFICO 1

Valor bruto da produção agropecuária brasileira (2000-2022)

(Em R$ bilhões)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Fundação Getulio Vargas (FGV Dados); Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea); Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

Elaboração: Coordenação-geral de políticas públicas (CGPOP); Departamento de Análise Econômica e Políticas Públicas (Daep); Secretaria de Política Agrícola (SPA); Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

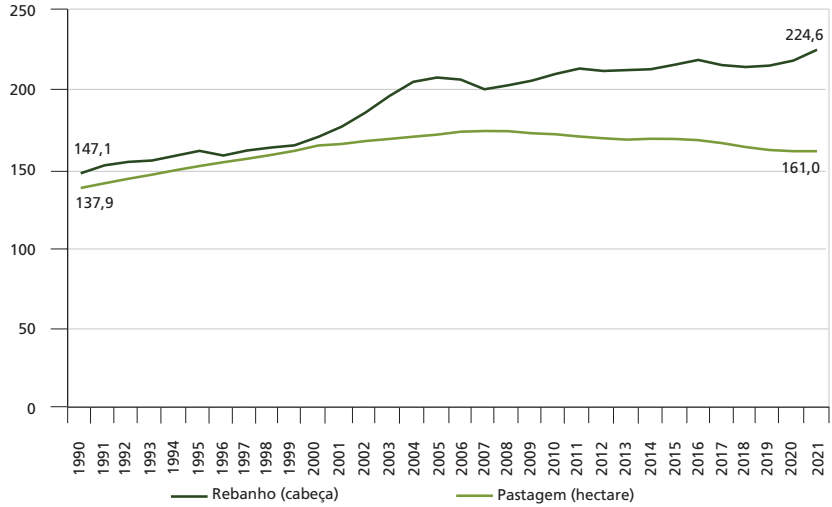
Obs: 1. Valores deflacionados pelo IGP-DI da FGV (janeiro/2022).

2. Valor preliminar com base em janeiro/2022.

GRÁFICO 2

Evolução da área de pastagem e do tamanho do rebanho bovino brasileiro (1990-2021)

(Em milhões)

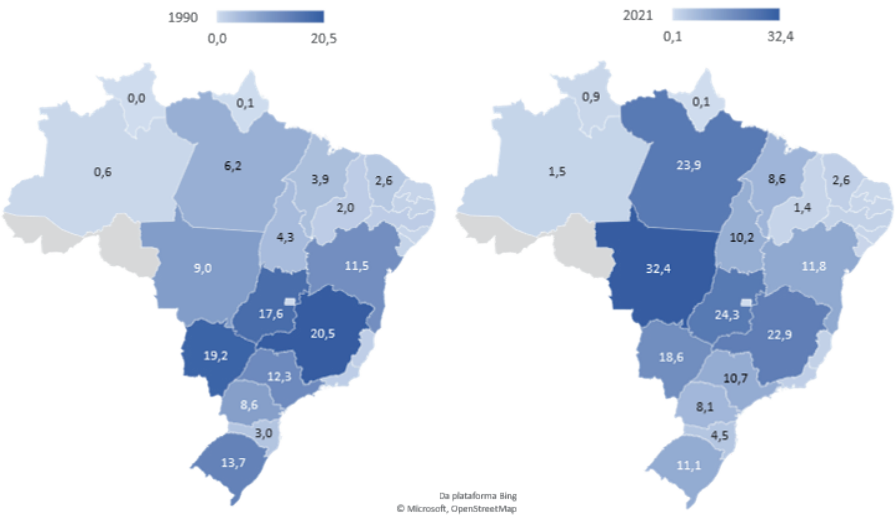


Fonte: IBGE (2021); Universidade Federal de Goiás (UFG, 2020).

Além da intensificação da pecuária, a nova distribuição geográfica do rebanho também ajuda a explicar o crescimento do setor. Em 1990, o estado de Minas Gerais possuía o maior rebanho – em parte explicado pelo tamanho da pecuária leiteira no estado –, com maior concentração nas regiões Sudeste e Sul. Em 2021, nota-se expansão para as regiões Centro-Oeste e Norte, de acordo com a figura 1, com destaque para o estado do Mato Grosso, que conta com o maior rebanho estadual, com 32,4 milhões de cabeças.

FIGURA 1
Distribuição estadual do rebanho brasileiro (1990 e 2021)
(Em milhões de cabeças)

1A – 1990 1B – 2021



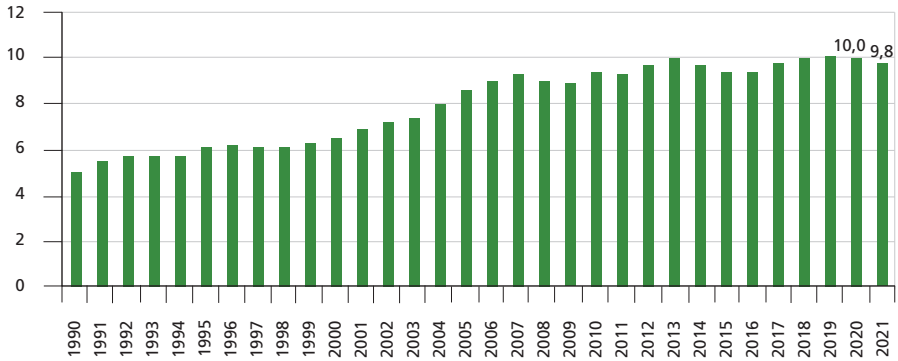
Fonte: IBGE (2021).
Obs.: Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A intensificação do rebanho nacional e a nova dinâmica geoespacial estão entre os determinantes do avanço do desempenho econômico do setor de carne bovina. Em 1990, o Brasil gerava cerca de 5,0 milhões de toneladas do produto. Em 2021, foi produzido quase o dobro (9,8 milhões de toneladas), de acordo com o gráfico 3. Atualmente, o Brasil é o maior exportador e o segundo maior produtor global.

Com esse desempenho, o setor garante destaque no comércio internacional de carnes. Essa relevância está associada à competitividade da estrutura de custos, quando comparada a outros *players* de produção e exportação, entretanto, essa competitividade pode ser comprometida caso gargalos em infraestrutura e ambiente tarifário não sejam solucionados (Ferreira e Vieira Filho, 2019).

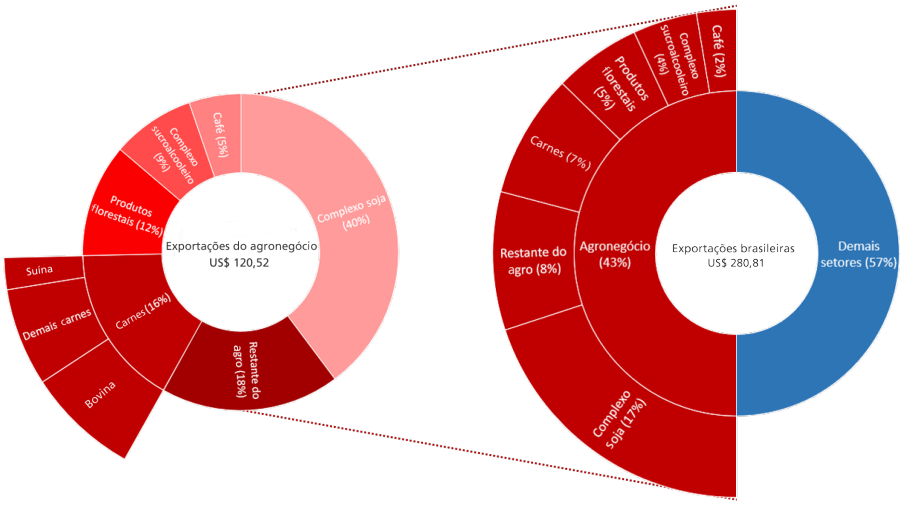
O complexo das carnes ocupa o segundo lugar no *ranking* brasileiro de exportações do agronegócio, permanecendo atrás apenas do complexo da soja. Em 2021, o Brasil exportou US$ 19,6 bilhões em carnes. Desse total, 46,3% (US$ 9,2 bilhões) em carne bovina – o principal produto em valor exportado por esse segmento, conforme a figura 2.

GRÁFICO 3
Evolução da produção de carne bovina no Brasil (1990-2021)
(Em milhões de toneladas)



Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2022).

FIGURA 2
Participação do agronegócio e da pecuária no valor da pauta exportadora brasileira (2021)



Fonte: Brasil (2022a).
Elaboração: Pinto (2022).
Obs.: Figura reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Mesmo com a relevância econômica, o setor de pecuária é vulnerável às mudanças do clima, ao mesmo tempo em que interfere no aquecimento global e nas mudanças climáticas. A produção pecuária sofre ameaças do clima dado o impacto esperado na qualidade da forragem e de culturas como soja, fonte de alimento para os animais, disponibilidade de água, produção animal e leiteira, conforto térmico, doenças, reprodução animal e biodiversidade (Rojas-Downing *et al.*, 2017).

Projeções apontam que a produção pecuária poderá ser limitada pela variabilidade climática, com o aumento do consumo animal de água e da demanda por terras agrícolas devido à necessidade de expansão da produção e à preocupação com a segurança alimentar (Rojas-Downing *et al.*, 2017). Além disso, o aumento da frequência de eventos extremos no país reforça a necessidade de fortalecimento de ações que diminuam a vulnerabilidade dos sistemas de produção agropecuários e que ampliem a resiliência do setor.

3 AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO: O PLANO ABC

A transição para sistemas produtivos cada vez mais sustentáveis é iminente. O setor agropecuário e a mudança do uso da terra e das florestas respondem por cerca de 73,8% das 2,4 gigatoneladas de carbono equivalente (CO_2e) emitidos pelo Brasil em 2021.[5] O setor pecuário se revela como um ator fundamental na mitigação das emissões de GEE. No processo de transição para uma produção mais sustentável, há necessidade de políticas que apoiem e facilitem a implementação de medidas de adaptação e mitigação às mudanças climáticas, como o Plano ABC. O objetivo do plano foi, entre 2010 e 2020, organizar e planejar ações para a adoção de tecnologias de produção sustentáveis, visando responder aos compromissos assumidos pelo Brasil de redução da emissão de GEE no setor agropecuário.

Durante a vigência do plano, houve a expansão de tecnologias como: i) recuperação de pastagens degradadas; ii) ILPF; iii) sistema de plantio direto (SPD); iv) fixação biológica de nitrogênio; v) plantio de florestas; e vi) tratamento de dejetos animais. Os resultados exitosos permitiram que o Brasil mitigasse cerca de 170 milhões de toneladas de CO_2e em uma área de 52 milhões de hectares, superando em 46,5% a meta estabelecida. As estratégias implementadas e consolidadas focaram no estímulo à adoção de Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de produção Sustentáveis (SPSABC), fundamentados sobre bases técnico-científicas.

Entre 2010 e 2020, o Plano ABC assumiu o compromisso de recuperar 15,0 milhões de hectares, entretanto foram recuperados apenas 5,4 milhões. Esse resultado indica que ainda há espaço para o processo de intensificação da pecuária, entretanto, existem também desafios. O sistema extensivo/convencional apresenta

5. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>.

baixo custo, e os pecuaristas ainda associam seus lucros à área utilizada e não à eficiência produtiva, demandando inclusive uma mudança de paradigma para garantir ganhos mais expressivos para o setor (Telles *et al.*, 2021).

Para sistemas integrados (ILPF e integração lavoura pecuária – ILP), a meta era expandir a área em 4 milhões de hectares, e o resultado foi pelo menos três vezes maior, atingindo uma área de 13,8 milhões de hectares. O mesmo desempenho foi observado para as demais tecnologias em que as metas foram cumpridas com folga, garantindo sistemas mais sustentáveis e resilientes.

Dado o êxito do Plano ABC, em abril de 2021, o Mapa lançou o Plano ABC+, uma atualização do plano anterior, com metas mais ousadas e foco em aprimorar a sustentabilidade da produção agropecuária. Para esse novo ciclo (2020-2030), é previsto o fortalecimento da governança institucional e a presença de sistemas de monitoramento e avaliação, a fim de permitir a gestão integrada de dados e o acesso às ações adotadas.

4 MÉTODO E RESULTADOS

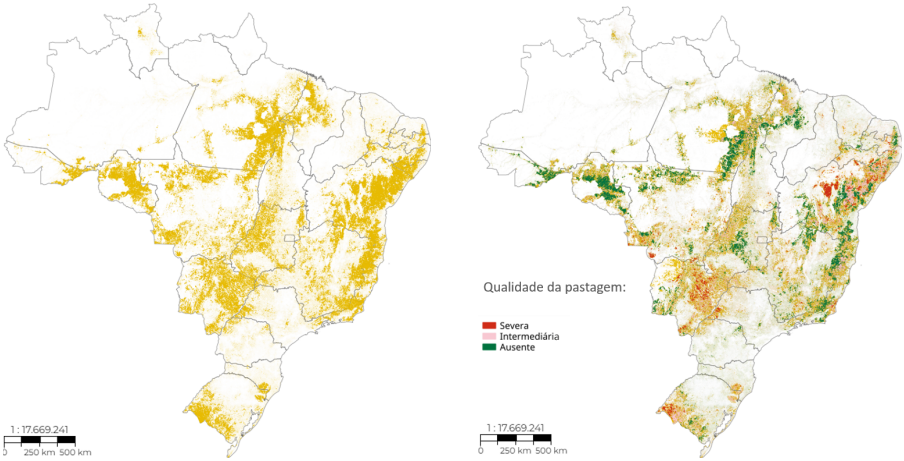
O objetivo do ABC+ é expandir a adoção das atividades do Plano ABC para, adicionalmente, pelo menos 72,7 milhões de hectares, um incremento de 103% em relação à década anterior. Dessa forma, o potencial de mitigação é de cerca de 1,1 gigatonelada de CO_2e até 2030. Também foram adicionadas ao programa novas atividades, como a adoção de bioinsumos, a expansão de áreas irrigadas e a terminação intensiva de bovinos, que oferece mais opções para o produtor aumentar sua resiliência, sua eficiência produtiva e seus ganhos econômicos, ambientais e sociais.

Entre as tecnologias presentes no ABC+, há aquelas diretamente associadas à pecuária, como as descritas a seguir.

4.1 Recuperação de pastagens degradadas

O território brasileiro tem 851 milhões de hectares, dos quais 161,0 milhões de hectares (19,0%) são cobertos com pastagens. Cerca de 45,9% das pastagens não apresentaram indícios de degradação, 39,4% apontaram indícios intermediários, e as demais áreas – aproximadamente 16,0% – mostraram pastagens severamente degradadas (mapa 1). Considerando que a degradação das pastagens é um processo que acontece ao longo do tempo, classificar uma área como degradada ou não requer metodologias específicas de mapeamento e probabilidade. Na análise considerada, as áreas de pastagens com indícios de degradação severa são as que mostram maior probabilidade de estarem degradadas, e as áreas que apresentam indícios moderados podem estar em uma condição transitória em diferentes estágios do processo (UFG, 2020).

MAPA 1
Distribuição espacial das áreas brasileiras de pastagem e qualidade das pastagens (2020)



Fonte: UFG (2020).
Obs.: Figura reproduzida em baixa resolução e cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

As áreas de pastagens distribuem-se por todo o território brasileiro, concentrando-se principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado (cerca de 102 milhões de hectares). Essas são as regiões onde houve avanço mais rápido da expansão das pastagens nas últimas décadas.[6]

As estimativas desenvolvidas mostram que, até 2030, espera-se que a área total de pastagens seja de 164,3 milhões de hectares e que, do total degradado, 27,5 milhões de hectares serão recuperados, resultando em aumento da capacidade de suporte das pastagens (Assad *et al.*, 2022). Esse resultado vai ao encontro do proposto pelo Plano ABC+, que pretende recuperar 30 milhões de hectares em áreas degradadas até 2030.

Para avaliação do potencial de mitigação de emissões de GEEs pela adoção de tecnologias de recuperação de pastagens degradadas, foi desenvolvido um modelo de projeção visando ao cálculo do potencial de mitigação das emissões para a pecuária bovina brasileira até 2030.

A metodologia de cálculo e os fatores de emissão seguem os relatórios técnicos de referência do setor agropecuário e dos subsetores de manejo de dejetos animais e de fermentação entérica, partes do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 2021). Fatores de emissões consideram as diferentes categorias animais, idade e sexo, bem como o percentual

6. Disponível em: <https://mapbiomas.org/> .

de utilização de cada tipo de manejo para tratamento dos dejetos e das condições climáticas. Os fatores de emissões utilizados são os mais atualizados e regionalizados disponíveis publicamente. As principais premissas para a construção do modelo e projeções estão presentes no quadro 1.

QUADRO 1
Principais premissas assumidas para construção e desenvolvimento do modelo de projeção e mitigação para recuperação de pastagens degradadas

Variável	Quantidade	Unidade	Fonte
Área de pastagens	170.662,14[1]	1 mil hectares	UFG (2020). Disponível em: <https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>.
Área de pastagens degradadas	64.705,32[1]	1 mil hectares	UFG (2020).
Rebanho bovino	212.908,00[2]	1 mil cabeças	Anualpec (2021). Disponível em: <www.anualpec.com.br/>.
Crescimento das pastagens do Brasil	-0,36	Porcentagem a.a.	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp).
Crescimento do rebanho bovino nacional (2010-2019)	0,33	Porcentagem a.a.	IBGE (2021).
Aplicação de insumos: ureia	100	Quilograma por hectare por ano	Premissa do estudo (conhecimento dos autores e conversas com especialistas).
Aplicação de insumos: calcário	2 mil	Quilograma por ano (a cada quatro anos)	Premissa do estudo (conhecimento dos autores e conversas com especialistas).

Fonte: Assad *et al.* (2022).
Notas: [1] Dados referentes a 2018 segundo a classificação estadual disponibilizada por Lapig em 23 de maio de 2021.
[2] Dados referentes a 2018.

Inicialmente, foram mapeadas as áreas de pastagens brasileiras considerando seus diferentes estágios de degradação (UFG, 2020). As estimativas consideraram que a tecnologia de recuperação de pastagens foi implementada em áreas em estágio moderado e severo de degradação, totalizando 64,7 milhões de hectares.[7]

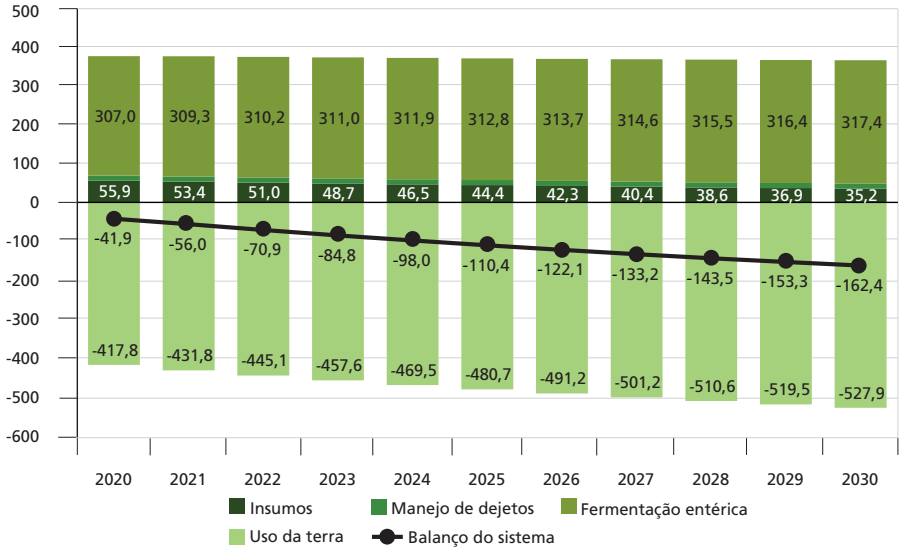
Os resultados mostraram que a mudança do uso do solo é determinante e suficiente para inverter o sinal das emissões de GEE no sistema de pecuária. O balanço final do sistema – ou seja, emissões da pecuária associadas às remoções da recuperação das pastagens – é de uma remoção acumulada de 1.223,6 milhões de toneladas de CO_2e até 2030, equivalente a 94,1 milhões de toneladas CO_2e/ano. O gráfico 4 apresenta o balanço das emissões de GEE originado a partir da implementação da tecnologia de recuperação de pastagens e da pecuária até 2030.

Para o componente agrícola (pasto), são consideradas as emissões provenientes dos insumos (ureia e calcário) utilizados durante o processo de recuperação, e as remoções vêm da mudança do uso do solo. Para o componente de pecuária, são consideradas as emissões geradas durante o processo de fermentação entérica e

7. Considerando os dados do ano-base 2018.

manejo dos dejetos dos animais. A utilização dos insumos no processo de recuperação gera, até 2030, uma emissão acumulada de 551,7 milhões de toneladas CO_2e. Esse valor equivale, em média, a 42,4 milhões de toneladas CO_2e/ano no período e representa somente cerca de 10% das emissões totais do processo de recuperação.

GRÁFICO 4
Projeção das emissões de GEE derivadas da pecuária e recuperação de pastagens degradadas (2020-2030)
(Em milhões de toneladas de CO_2e)



Fonte: Assad *et al*. (2020).

A degradação de pastagens afeta a capacidade de suporte, ou seja, o número de animais por área de pastagem, mantendo a produtividade sem perda de desempenho da produção animal ou do desenvolvimento da pastagem. O processo de degradação gera prejuízos econômicos ao produtor, impacta negativamente o meio ambiente e contribui para as emissões de GEE na atmosfera. A mudança do uso do solo, portanto, é o fator determinante para equacionar esse sistema. A tecnologia de recuperação de pasto degradado seria capaz de neutralizar as emissões advindas do setor de agropecuária e mudanças do uso da terra e ainda gerar créditos em termos de remoção de CO_2e da atmosfera, contribuindo para um balanço de emissões negativo para o Brasil.

Ao associar as emissões de GEE provenientes do rebanho (metano proveniente do processo de fermentação entérica e do manejo de dejetos e óxido nitroso proveniente apenas dos dejetos) às emissões do pasto degradado, o resultado é um

balanço positivo, ou seja, é um sistema que emite mais gases do que sequestra. Entretanto, tecnologias como a de recuperação das pastagens geram incrementos de biomassa vegetal, permitem aumento da capacidade de suporte dos sistemas produtivos e associados à produção da pecuária, são capazes de remover carbono da atmosfera e fixá-lo no solo.

4.2 Sistemas integrados

O sistema ILPF permite associar, em um mesmo espaço produção agrícola, criação de gado e silvicultura. Esse tipo de sistema – que incorpora vários modelos (Gil, Siebold e Berger, 2015) que se relacionam e podem variar de acordo com o tempo ou espaço que estão inseridos – se revelou uma opção viável para alcançar maior sustentabilidade agrícola, além de melhorar a produtividade pecuária brasileira. A literatura aponta que, até 2020, a área estimada com ILPF no Brasil atingiu 17,43 milhões de hectares (Polidoro *et al.*, 2020). Entre 2015 e 2020, houve crescimento estimado de 52% de adoção de áreas integradas.

A análise desenvolvida projeta que haverá a possibilidade de adoção de 6,5 milhões de hectares de ILPF em 2030 (Assad *et al.*, 2022). Essa área está abaixo da meta de 10,1 milhões de hectares proposta pelo plano ABC+ e seria proveniente da dinâmica de redução total das pastagens. A implementação, portanto, seria possível, dado o processo de recuperação de pastagens que ocorreria em paralelo, permitindo intensificação da pecuária e liberação de área para novos usos. As principais premissas para a construção do modelo e projeções estão presentes no quadro 2.

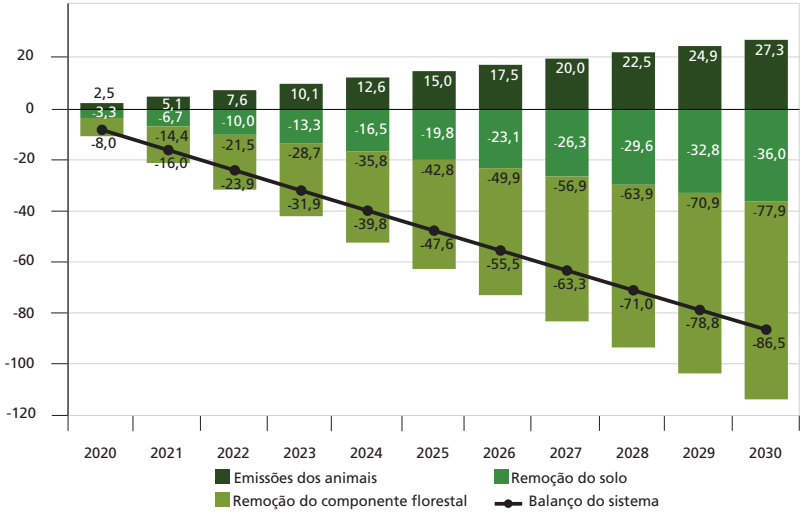
QUADRO 2
Principais premissas assumidas para construção e desenvolvimento do modelo de projeção e mitigação para implementação de ILPF

Variável	Quantidade	Unidade	Fonte
Área de pastagens	170.662,14[1]	1 mil hectares	UFG (2020). Disponível em: <https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>.
Área de pastagens degradadas	64.705,32[1]	1 mil hectares	UFG (2020).
Rebanho bovino	212.908,00[2]	1 mil cabeças	Anualpec (2021). Disponível em: <www.anualpec.com.br/>.
Crescimento das pastagens do Brasil	-0,36	Porcentagem a.a.	Fiesp.
Crescimento do rebanho bovino nacional (2010-2019)	0,33	Porcentagem a.a.	IBGE (2021).
Componente animal: taxa de lotação	2,5	Cabeças por hectare	Premissa do estudo (conhecimento dos autores e conversas com especialistas).
Componente florestal: floresta de eucalipto	400	Plantas por hectare	Premissa do estudo (conhecimento dos autores e conversas com especialistas).

Fonte: Assad *et al*. (2022).
Notas: [1] Dados referentes a 2018, segundo a classificação estadual disponibilizada pelo Lapig em 23 de maio de 2021.
[2] Dados referentes a 2018.

O estudo, portanto, considera uma taxa de lotação de 2,5 cabeças por hectare, suportando até 16,3 milhões de animais. Sob essas condições, haveria um balanço negativo das emissões, ou seja, a remoção líquida de cerca 86,5 milhões de toneladas de CO_2e em 2030. A composição do sistema se dá por remoções geradas pelo componente florestal (carbono estocado na madeira), pelo aumento do estoque de carbono no solo e por emissões provenientes dos processos de fermentação entérica e manejo dos dejetos dos animais, conforme o gráfico 5.

GRÁFICO 5
Projeção da evolução do balanço de emissões do sistema ILPF, por componente do sistema (2020-2030)
(Em milhões de toneladas de CO_2e)

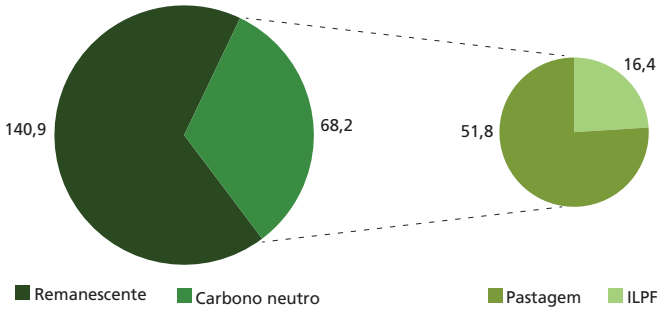


Fonte: Assad *et al.* (2020).

Esse resultado revela o grande potencial de mitigação oferecido por sistemas integrados. A produção animal proveniente do sistema com esse arranjo é carbono neutro, ou seja, os componentes de solo e floresta mitigam as emissões de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) do rebanho bovino e, adicionalmente, permitem compensar uma parcela de metano emitida pelo rebanho que está presente em sistemas convencionais de pastagem. Considerando o potencial que as árvores presentes nos sistemas do tipo silvipastoril ou agrossilvipastoril têm para sequestrar e fixar carbono, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) lançou oficialmente em 2015 como marca-conceito o Carne Carbono Neutro (CCN) (Vieira, Alves e Almeida, 2020). O principal objetivo é garantir que a carne com o selo CCN foi produzida a partir de animais que tiveram suas emissões de metano neutralizadas durante o processo de produção, pela presença de árvores (Vieira, Alves e Almeida, 2020).

A adoção da ILPF permitiria compensar as emissões de todos os animais presentes no sistema e, além disso, de outras 51,8 milhões de cabeças que estariam em sistemas convencionais. Dessa forma, haveria a compensação total de 68,2 milhões de cabeças, cerca de 30% do rebanho nacional, conforme o gráfico 6. Isso significa que, para cada cabeça presente no sistema ILPF, haveria a compensação das emissões de 3,2 cabeças adicionais presentes no sistema convencional. Os benefícios agronômicos e ambientais associados a esse sistema são notórios, entretanto, é necessário reduzir a complexidade dos mecanismos de gestão a fim de qualificar a mão de obra operacional, o suporte técnico (principalmente para manejo de florestas) e os gestores que atuem no planejamento e controle integrado da produção (Gasparini *et al.*, 2017).

GRÁFICO 6
Projeção da composição adicional de rebanho nacional carbono neutro (2030)
(Em milhões de cabeças)



Fonte: Assad *et al.* (2020).

Os resultados de mitigação apresentados variam de acordo com a tecnologia de recuperação adotada – recuperação/reforma tradicional das pastagens ou sistemas integrados de produção. Mas, ainda assim, revelam que, desde que as estratégias sejam implementadas e gradualmente ampliadas, o processo de remoção de GEE será contínuo. A implementação do sistema ILPF sob as condições do estudo mostram que as emissões evitadas, mesmo cobrindo menor área, são superiores à meta do Plano ABC+. O mesmo desempenho é observado para a tecnologia de recuperação de pastagens, que mostra que é possível inverter o sinal de emissões do sistema de pecuária.

Entre os desafios observados para tornar essas projeções realidade está o custo de implementação e difusão de tais tecnologias. Ao se considerar a recuperação direta de pastagens como estratégia para áreas em estágio moderado de degradação e a reforma de pastagens como estratégia para áreas em estágio severo de degradação, é possível mensurar e avaliar os custos econômicos de recuperação de pastagens degradadas (Carlos *et al.*, 2022).

O cálculo é feito com base no custo operacional efetivo (COE) por hectare, diretamente correlacionado ao processo de reabilitação das pastagens. O COE é a soma de custos com insumos (sementes, corretivos e fertilizantes, por exemplo), custos operacionais (aplicação de fertilizantes, corretivos, adubação, compactação de sementes etc.) e outros custos (mão de obra, manutenção etc.). Para preservar a heterogeneidade de diferentes biomas, o cálculo foi feito de forma desagregada (Carlos *et al.*, 2022). Cabe ressaltar que não são incluídos os gastos com frete, impostos, depreciação e benfeitorias. A tabela 1 apresenta os custos médios de recuperação por hectare, por nível de degradação e por bioma para o Brasil.

TABELA 1
Custos médios de tecnologias de recuperação/reforma e de manutenção de pastagens nos biomas brasileiros
(Em R$/ha)

Biomas	Moderado	Severo	Manutenção
Amazônia	1.330,66	1.904,02	298,10
Cerrado	1.159,62	1.727,99	272,86
Mata Atlântica	979,42	1.563,31	283,23
Caatinga	1.471,83	2.054,44	411,09
Pampa	1.541,37	2.100,71	764,64
Pantanal	1.018,24	1.627,15	207,54

Fonte: Carlos *et al*. (2022).

Esse resultado é importante, já que permite que os produtores avaliem a viabilidade econômica e o ganho potencial de implementarem essas tecnologias e direcionarem recursos financeiros limitados para a recuperação de áreas mais promissoras. Em valores absolutos, para recuperar toda a área de pastagem que apresente algum nível de degradação, seriam necessários, aproximadamente, R$ 383,77 bilhões.

Para ilustrar, o Programa ABC – forma de financiamento a investimentos que contribuam para a redução de impactos ambientais causados por atividades agropecuárias –, criado para dar suporte ao Plano ABC, recebeu, no Plano Safra 2022-2023, R$ 6,19 bilhões para recuperar áreas e pastagens degradadas, implantar sistemas ILPF, adotar práticas conservacionistas de uso, manejo e proteção dos recursos naturais e para a geração de energia renovável. Ainda que todo o recurso disponível fosse alocado para recuperar pastagens degradadas, seriam necessários cerca de seis vezes mais recursos para viabilizar a total incorporação dessa tecnologia.

Para cumprir as metas propostas no Plano ABC+ de recuperar 30 milhões de hectares de pastagens degradadas, pressupõe-se que o governo brasileiro priorizará o alcance dos objetivos tendo como fundamento apenas os custos médios associados à implementação da tecnologia. Para que a execução dessa meta fosse

implementada, seria necessário desembolsar cerca de R$ 42,51 bilhões, investimento feito nos 23 estados brasileiros (incluindo o Distrito Federal).

Os critérios considerados pelo governo brasileiro podem levar em conta aspectos distintos dos estabelecidos no estudo, como o benefício econômico e social das ações aos produtores e à sociedade, o foco em áreas consideradas prioritárias para biodiversidade e conservação etc. A análise, portanto, representa uma das diferentes possibilidades de como o governo poderia atingir as metas assumidas no Plano ABC+.

A recuperação de pastos degradados contempla a sustentabilidade em seus três aspectos: social, ambiental e econômico. Do ponto de vista econômico, é importante avaliar o potencial retorno que esse investimento pode gerar. Para estimar a receita proveniente da implementação da tecnologia, assume-se que as áreas recuperadas teriam capacidade adicional de suporte de 0,8 unidade animal por hectare e 1 animal por hectare para pastagens com nível de degradação moderado e severo, respectivamente. Além disso, utilizou-se o preço médio da arroba do Boi Gordo para o período analisado[8] (cerca de R$ 191,00) (Cepea, 2022b).

A receita potencial advinda da recuperação seria de R$ 44,69 bilhões, enquanto o custo da recuperação seria de R$ 42,51 bilhões. A receita líquida gerada atingiria R$ 2,18 bilhões, conforme a tabela 2.

TABELA 2
Retorno econômico da recuperação/reforma de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas no Brasil
(Em R$ bilhões)

Receita	Custo	Receita líquida
44,69	42,51	2,18

Fonte: Carlos *et al*. (2022).
Obs.: Valores reais de maio de 2022, corrigidos pelo índice nacional de preços ao consumidor amplo (IPCA).

Esse resultado mostra o potencial investimento gerado por apenas uma das tecnologias propostas pelo Plano ABC+. Do ponto de vista ambiental e social, haveria balanço de carbono negativo por parte da atividade pecuária, ampliação da resiliência do sistema e melhores condições para a intensificação da produção com possibilidade de liberação de áreas para outras atividades agrícolas. Do ponto de vista econômico, a tecnologia é um instrumento efetivo e viável que promove benefícios econômicos.

Para a tecnologia ILPF, apesar dos resultados promissores em termos de mitigação de GEE, além de benefícios associados, como o aumento da resiliência

8. Período que vai de janeiro de 2015 a maio de 2022.

dos sistemas e a ampliação do conforto térmico para os animais, o estudo ainda precisa avançar para determinar os custos econômicos e o retorno gerado com a implementação de tecnologias integradas, principalmente as que incluem o componente florestal.

Além de avaliar o potencial econômico de tecnologias propostas pelo Plano ABC+, também é necessário avançar nas estratégias propostas pelo plano, como fortalecer ações de transferência e difusão de tecnologias, capacitação e assistência técnica.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, objetivou-se compreender o potencial mitigador de emissões de GEE promovido por duas tecnologias propostas pelo Plano ABC+ para a agropecuária brasileira: a ILPF e a recuperação de pastagens degradadas. Também foi feita uma estimativa do retorno econômico gerado por pastagens recuperadas.

Os resultados indicam que tecnologias integradas são suficientes para conferir o selo CCN nas áreas em que são aplicadas, além de permitir intensificação da pecuária, já que têm potencial de sequestro superior às emissões de mais de 2,5 cabeças de gado por hectare.

Para a tecnologia de recuperação de pastagens degradadas, pela própria característica intrínseca a esse sistema, o potencial mitigador é menor. Mas, ainda assim, é uma tecnologia necessária, já que permite a intensificação da pecuária e reduz a pressão por abertura de novas áreas para a atividade. Além disso, a tecnologia se mostrou economicamente vantajosa por gerar ao pecuarista retornos financeiros superiores aos custos associados ao processo de recuperação.

Alguns desafios precisam ser contornados para auxiliar a transformação dos sistemas agropecuários tradicionais em sistemas sustentáveis e resilientes. Para o caso da ILPF, é necessário reduzir a complexidade dos mecanismos de gestão a fim de qualificar mão de obra operacional, suporte técnico (principalmente para manejo de florestas) e gestores que atuem no planejamento e controle integrado da produção, bem como mensurar os custos e retornos financeiros envolvidos na implementação desse sistema.

Além de avaliar consistentemente o potencial econômico dessas tecnologias propostas pelo Plano ABC+, também é necessário avançar nas estratégias propostas por ele, como fortalecer ações de transferência e difusão de tecnologias, capacitação e assistência técnica. Assim será possível assegurar que profissionais capacitados acompanhem as propriedades rurais, garantam a correta adoção dos sistemas propostos e façam acompanhamento dos benefícios associados.

Outra estratégia importante, associada ao incentivo de implementação dessas tecnologias, que viria se somar às estratégias citadas, é desenvolver

e estruturar mecanismos que reconheçam e valorizem propriedades que adotam sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis como forma de estímulo para a implementação em grande escala. As tecnologias, associadas às estratégias já previstas no Plano ABC+, podem elevar o Brasil a um novo patamar de sustentabilidade, fazendo com o que o país se torne vitrine e exemplo de uma agropecuária sustentável, além de ser o grande provedor global de alimentos.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D. *et al*. **Potencial de mitigação de gases de efeito estufa das ações de descarbonização da pecuária até 2030**. São Paulo: FGV/EESP, 2022. Disponível em: <https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio_potencial_de_mitigacao_de_gee_pecuaria_2112.pdf>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCTI, 2021. cap. 2, p. 80-181.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrostat**. Brasília: Mapa, 2022a. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. **ComexStat**: sistema de estatísticas do comércio exterior. Brasília: MCID, 2022b. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>.

CARLOS, S. M. *et al*. **Custos da recuperação de pastagens degradadas nos estados e biomas brasileiros**. São Paulo: FGV/EESP, 2022. Disponível em: <https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/eesp_relatorio_pasto-ap3_ajustado_0.pdf>.

CEPAL – COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. **Database 2017**. Cepalstat, 2017. Disponível em: <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html?lang=es>.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB Agro**. Piracicaba: Esalq-USP, 2022a. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>.

_____. **Indicador do Boi Gordo**. Piracicaba: Esalq-USP, 2022b. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>. Acesso em: 13 set. 2022.

CHENG, M.; MCCARL, B.; FEI, C. Climate change and livestock production: a literature review. **Atmosphere**, v.13, n. 1, p. 140, 2022.

ESCARCHA, J.; LASSA, J.; ZANDER, K. Livestock under climate change: a systematic review of impacts and adaptation. **Climate**, v. 6, n. 3, p. 54, 2018.

FERES, J. G.; FERREIRA, M. D. P. Sustentabilidade da agropecuária brasileira: o desafio da intensificação. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea. 2020, p. 340-350.

FERREIRA, M.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inserção no mercado internacional e a produção de carnes no Brasil**. Brasília: Ipea, 2019. (Texto para Discussão, n. 2479).

GASPARINI, L. V. L. *et al*. **Sistemas integrados de produção agropecuária e inovação em gestão**: estudos de casos no Mato Grosso. Brasília: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2296).

GERBER, P. J. *et al*. **Tackling climate change through livestock**: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO, 2013. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>.

GIL, J. D. B.; SIEBOLD, M.; BERGER, T. Adoption and development of integrated crop-livestock-forestry systems in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 199, p. 394-406, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Brasil: Sidra, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: jan. 2022.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014**: mitigation of climate change. New York: Cambridge University Press, 2014.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Mercado de trabalho do agronegócio**. Brasília: Ipea, 2022.

PINTO, T. P. *et al*. **Panorama das emissões de metano e implicações do uso de diferentes métricas**. São Paulo: FGV; EESP, 2022. Disponível em: <https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/relatorio_assad_estudo_metano_diferentes_metricas.pdf>.

PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Rumo a uma economia verde**: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza. Quênia: Unep, 2011. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/rumo-uma-economia-verde-caminhos-para-o-desenvolvimento-sustentavel-e-erradicacao>.

POLIDORO, J. C. *et al*. The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture in the control of soil erosion in Brazil. **Authorea**, 2020. Disponível em: <https://www.authorea.com/doi/full/10.22541/au.158750264.42640167>.

ROJAS-DOWNING, M. M. *et al*. Climate change and livestock: impacts, adaptation, and mitigation. **Climate Risk Management**, v.16, p. 145-163, 2017.

TELLES, T. *et al*. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. Brasília: Ipea, 2021. (Texto para Discussão, n. 2638).

UFG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Atlas das pastagens**. Goiás: Lapig, 2020. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso em: nov. 2022.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign **Agricultural Service**. FAZ, 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: fev. 2023.

VIEIRA, A. C. P.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. Proteção intelectual e inovação no setor agropecuário. *In*: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). **Uma jornada pelos contrastes do Brasil**: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea, 2020. p. 350-360.

CAPÍTULO 12

O CRÉDITO DE DESCARBONIZAÇÃO (CBIO) E SUA RELAÇÃO COM O MERCADO DE CARBONO

José Alex do Nascimento Bento[1]
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho[2]

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado, o setor de transporte depende quase exclusivamente de combustíveis derivados do petróleo. No entanto, o Brasil, um dos pioneiros e grande influenciador de novas tecnologias nesse segmento, apresenta progressos significativos na mudança para alternativas energéticas de baixo carbono (Yeh e Sperling, 2010).

As estratégias de mercado para redução de gases de efeito estufa (GEE), são, em teoria, a abordagem economicamente mais eficiente para reduzir as emissões de gases poluentes e incluem taxas de carbono e mercado de crédito de carbono. Tais instrumentos têm a capacidade de determinar o preço de carbono e, assim, incentivar um amplo número de atividades com esse propósito (Yeh e Sperling, 2010).

Nesse contexto, o mercado de crédito de carbono se destaca como um instrumento de política que busca resolver problemas ambientais com o uso de ferramentas econômicas, sem que sejam adotadas medidas fiscais para cumprir as metas de redução de emissões de GEE, estabelecidas no Protocolo de Quioto (firmado em 1997 e em vigor a partir de 2005), bem como metas específicas obrigatórias ou voluntárias criadas pelos próprios mercados de carbono regionais e nacionais (União Europeia – UE), por exemplo, o norte americano e o chinês (Godoy, 2017).

Recentemente, esses mercados, tanto o regulado quanto o voluntário, apresentaram aumento nas transações de créditos de carbono desde 2015. O valor total transacionado cresceu 34%, atingindo € 194 bilhões, com registro acumulado de mais de 14.500 projetos de crédito de carbono. Além disso, geraram-se quase 4 bilhões de toneladas de créditos de carbono com destaque para o setor

1. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea); e doutor em economia rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). *E-mail*: <jose.bento@ipea.gov.br>.

2. Pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Dirur e professor do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento, ambos do Ipea; também leciona no Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV). *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

florestal, a maioria emitida por projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (Scare *et al.*, 2020).

No entanto, o mercado de carbono brasileiro ainda está em estágio inicial e embrionário.[3] Porém, observou-se evidência crescente nos níveis de atividade e transações da experiência de um novo produto de carbono, precisamente o Crédito de Descarbonização (CBIO). Por meio da política RenovaBio, sugeriu-se que esse comércio de *commodities* mitigaria as emissões de GEE e auxiliaria as políticas públicas ambientais (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

Embora a política RenovaBio, baseada na experiência de combustível de baixo carbono, seja menos eficiente que o mercado de crédito de carbono, fica evidente a sua eficácia do ponto de vista da redução de emissão de GEE no país. Além disso, configura-se ação estratégica necessária e específica para o setor de transporte e de energia.

O caminho da geração e emissão de crédito de carbono é longo e complexo, porém, as oportunidades potenciais em reduzir as emissões de GEE são extremamente relevantes. Além de inúmeros benefícios socioeconômicos, essa política busca garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva dos setores-chave da economia: indústria, agropecuária e energia (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

Portanto, ao considerar a relevância dos estudos sobre o tema, questiona-se: qual a relação entre a política RenovaBio e o mercado de carbono? Para responder a essa questão, o capítulo visa analisar se a operacionalização do ativo ambiental (CBIOs) é um mercado voluntário de carbono. Especificamente, apresentam-se o desenvolvimento do mercado do ativo ambiental CBIOs, as informações sobre o surgimento dos mercados de carbono e o comparativo da regulação das políticas de carbono consideradas.

Além disso, a interação de padrões de combustível de baixo carbono com outras políticas é uma omissão bastante recorrente na literatura. Desse modo, estudar as relações de políticas distintas é importante para entender o efeito total sobre os padrões poluentes dos combustíveis e a sua eficácia em alcançar as reduções de emissões de GEE.

Esta pesquisa tem caráter exploratório e bibliográfico. Utilizaram-se dados secundários e qualitativos da literatura, referentes ao estudo sobre a RenovaBio, padrão para combustíveis com baixa emissão de carbono e mercado de créditos de carbono. Para análise das emissões, preço e valor financeiro do mercado de CBIOs no Brasil, foram utilizados dados da B3 para o período de abril de

3. Há iniciativas nacionais para reduzir as emissões, usando mercados de carbono como instrumento: i) o projeto Partnership for Market Readiness (PMR) Brasil, de 2016-2020; ii) a RenovaBio, a partir de 2019; iii) a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), lançada em 2020, mas que ainda precisa ser regulamentada; e iv) o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, ainda em discussão no Congresso Nacional para aprovação.

2020 a dezembro de 2022.[4] Ademais, as variáveis valor (correspondendo ao montante negociado) e preço médio foram deflacionadas pelo Índice Geral de Preços-Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getulio Vargas (FGV), obtido no Ipeadata.[5]

No contexto das discussões de mudanças climáticas, aprofundar o conhecimento da política RenovaBio e aperfeiçoá-la é essencial. Este capítulo pretende contribuir com a literatura apresentando a comparação das duas distintas políticas de carbono. Para tanto, os argumentos aqui apresentados estão divididos em mais três seções, além desta breve introdução. A seção 2 apresenta o referencial teórico sobre o tema. Na seção 3, realiza-se a discussão dos resultados. Na seção 4, seguem as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nas subseções a seguir, são apresentados alguns dos principais trabalhos sobre a RenovaBio e o mercado de carbono, sem ter a pretensão de esgotá-los. Vale ressaltar que esses trabalhos são importantes na medida em que orientam e justificam a interação existente entre as referidas políticas de carbono.

2.1 Histórico do padrão para combustíveis com baixa emissão de carbono e a experiência brasileira – RenovaBio

A política de padrões para combustíveis com baixa emissão de carbono visa reduzir a intensidade (intensidade de carbono ou *carbon intensity* – CI) média de GEE do setor de transporte. Tem como métrica as emissões totais de carbono e outros GEEs, expressadas como equivalentes de dióxido de carbono (CO_2eq) com base em seu potencial de aquecimento global, por unidade de energia do combustível. Além disso, consideram-se todos os GEE emitidos no ciclo de vida a partir da extração, do cultivo, da conversão do uso da terra, do processamento, do transporte, da distribuição e do uso do combustível (Yeh e Sperling, 2010).

Essa política foi adotada, primeiramente, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, com normas, conceitos e procedimentos em conformidade com a lei (Farrell e Sperling, 2007a). Iniciou-se o processo de adoção em 2008, com a maioria dos regulamentos detalhados e finalizados em 2009, entrando em vigor em 2010 (Carb, 2009).

Até 2020, os fornecedores de combustíveis deveriam reduzir as emissões de gás carbônico (CO_2), mensurada pelos padrões médios de intensidade de carbono, para

4. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.
5. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>.

um montante 10% menor que a emissão média em 2010[6] (Yeh e Sperling, 2010). Para tanto, a intensidade de carbono é calculada pela soma do total de GEEs emitidos dos combustíveis, dividindo-se pela energia total do combustível, ajustado pelo índice de eficiência energética (Carb, 2009).

Para aumentar a adoção e estimular a inovação, o padrão de combustíveis com baixa emissão de carbono permite a negociação e a comercialização de créditos de emissão. Assim, uma refinaria poderia, por exemplo, comprar créditos ou biocombustíveis e energia elétrica para uso em veículos. As empresas que conseguissem produzir combustíveis alternativos de baixo custo e com baixo teor de carbono seriam as mais beneficiadas. Por fim, a combinação de mecanismos regulatórios e de mercado tornou o padrão de baixa emissão de carbono mais robusto e duradouro, ao ser comparado a uma abordagem unicamente reguladora e mais aceitável e eficaz do que no livre mercado (Farrell e Sperling, 2007b; Sperling e Yeh, 2010).

Diante desse cenário, encontram-se os biocombustíveis como possibilidade de segurança energética, com vantagens econômicas e ambientais, além da disponibilidade a partir de fontes de biomassa comuns (Ferreira e Passador, 2014). Os biocombustíveis são fonte de energia renovável e se originam de vegetais, como plantas, sementes e frutos. Por isso, também são chamados de agrocombustíveis. São combustíveis derivados de biomassas como cana-de-açúcar, oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica (Chaves e Gomes, 2012).

No caso do Brasil, os biocombustíveis, especialmente o biodiesel e o etanol, constituem importante vetor de desenvolvimento para a economia brasileira, além da notória contribuição ambiental e social (Ferreira e Passador, 2014). Na tentativa de promover esse setor, o governo federal instituiu, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), com ênfase na inclusão social e no desenvolvimento territorial para fomentar com sustentabilidade a utilização e a produção de biodiesel, reconhecido como uma fonte limpa e renovável de energia.

De acordo com a ANP (2022a), em 2014, dez anos após a implementação do programa, a produção bateu recordes significativos desde 2005, com a criação da Lei nº 11.097, que estabeleceu a obrigatoriedade de adição de percentual mínimo de biodiesel ao óleo *diesel* comercializado nas bombas de combustíveis de todo o país. Em 2021, a capacidade nominal de produção de biodiesel era de cerca de 12,4 milhões de metros cúbicos. Já a produção nacional foi de 6,8 milhões de metros cúbicos, o que correspondeu a 54,5% da capacidade total. Em comparação a 2020, a produção de biodiesel foi 5% superior.

6. Os resultados confirmam que os padrões de combustível de baixo carbono reduziram as emissões de dióxido de carbono no setor de transporte da Califórnia em cerca de 10% (Huseynov e Palma, 2018).

De acordo com a mesma fonte, em 2021, a produção total de etanol registrou queda de 8,3%, totalizando 30 milhões de metros cúbicos. No entanto, a produção nacional de etanol anidro foi de 11,4 milhões de metros cúbicos, 11,6% maior em relação a 2020. A produção de etanol hidratado diminuiu 17,4%, totalizando 18,6 milhões de metros cúbicos, 62% da produção nacional de etanol. Além disso, cabe destacar que a taxa média de crescimento no período 2012-2021 foi de 3% e 1,4%, para etanol hidratado e anidro, respectivamente.

Nesse contexto, a RenovaBio, instituída pela Lei nº 13.576, de 2017, veio fortalecer e incentivar esses importantes insumos energéticos, que seguem os objetivos descritos a seguir.

1) Contribuir para o atendimento aos compromissos do país no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), buscando aumentar a participação de bioenergia na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030.

2) Contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de GEE na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis.

3) Expandir a produção e o uso de biocombustíveis na matriz energética nacional.

4) Tornar mais competitivos os diversos biocombustíveis no mercado nacional.

Essa política energética apresenta os seguintes princípios:

- analisar a participação dos biocombustíveis, com ênfase na sustentabilidade industrial e na segurança do abastecimento;
- proteger o consumidor quanto a preço, qualidade e oferta de produtos;
- eficácia dos biocombustíveis em contribuir para a mitigação efetiva de emissões de GEE e de poluentes locais;
- contribuir para a geração de emprego, renda e desenvolvimento regional, bem como para a promoção da bioeconomia sustentável;
- aprimoramento da eficiência energética, com o seu uso em veículos, máquinas e equipamentos; e
- impulso ao desenvolvimento tecnológico e à inovação (Brasil, 2017).

Especificamente, com base na mesma fonte, são considerados instrumentos da RenovaBio os CBIOs. Isto é, os CBIOs são definidos como ativo ou *commodity*

ambiental emitido por produtores e importadores de biocombustíveis, devidamente certificados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Foram criados com o objetivo de reduzir a emissão de carbono na atmosfera. Em contrapartida, os distribuidores de combustíveis fósseis possuirão metas anuais de descarbonização calculadas pela ANP com base na proporção de combustíveis fósseis que comercializam, e elas devem ser cumpridas com a compra de CBIO – cada um deles equivale a uma tonelada de carbono que deixa de ir para a atmosfera. Além disso, os CBIOs não têm data de validade, mas podem ser aposentados, ou seja, retirados do mercado. Desse modo, a cada ano, os distribuidores de combustíveis deverão solicitar a aposentadoria de CBIOs de sua titularidade em quantidade equivalente às metas de descarbonização que lhes foram estabelecidas. Em suma, incentivam a produção de biocombustíveis, a participação de energia renovável na matriz energética nacional e contribuem para a redução de gases poluentes com o menor uso de combustíveis fósseis.

Há regulamentações adicionais por meio do Decreto nº 9.888, de 2019, tratando as metas compulsórias anuais para a redução de emissões de GEE com a criação do Comitê RenovaBio, responsável por estabelecê-las. A Portaria nº 419, de 2019, expedida pelo Ministério de Minas e Energias (MME), regulamentou o CBIO.

No processo de emissão de CBIO, o produtor ou importador de biocombustíveis deve possuir o Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis, cuja quantidade emitida depende do volume de biocombustível produzido ou importado de acordo com o cálculo de sua Nota de Eficiência Energética-Ambiental (NEEA).

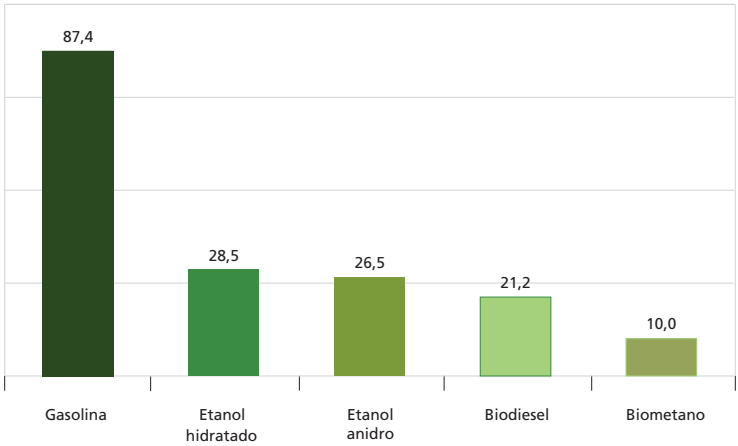
A NEEA é obtida pela diferença entre a intensidade de carbono do combustível fóssil substituto e a intensidade de carbono do biocombustível, estabelecida no processo de certificação, podendo ser representada pela seguinte equação:

NEEA = [IC de base fóssil] – [Resultado da RenovaCalc][7] (1)

O gráfico 1 apresenta a intensidade de emissões dos principais combustíveis. Observa-se o que pode ser denominado processo de descarbonização, caracterizado pela substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos menos poluentes. Ao comparar a gasolina (nosso *benchmark* para combustíveis fósseis) com diferentes biocombustíveis (tais como etanol, biodiesel e biometano), a gasolina é o mais poluente, emitindo 87,4 gramas de CO_2eq por megajoule (gCO_2eq/MJ). Os biocombustíveis emitem menos de 30 gCO_2eq/MJ. O MJ é uma unidade energética mais adequada que o volume do combustível em questão, já que a densidade pode variar com a temperatura.

7. Ferramenta de cálculo da IC de biocombustíveis, disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio/renovabio/renovacalc>.

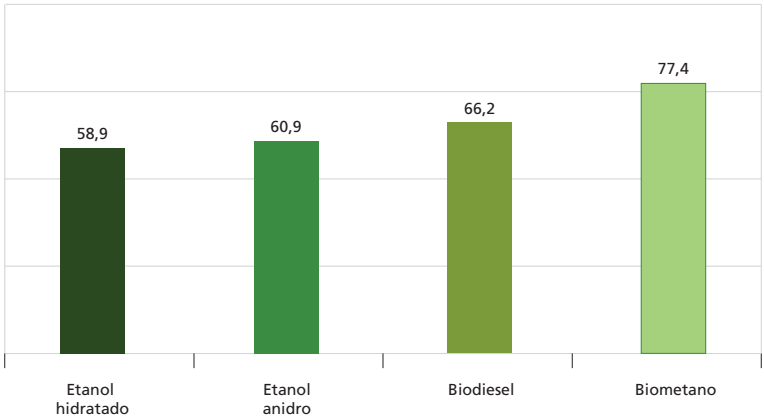
GRÁFICO 1
Intensidade de emissões por combustíveis
(Em gCO_2eq/MJ)



Fonte: ANP (2022b).
Elaboração dos autores.

O gráfico 2 compara a média da NEEA por biocombustíveis com a intensidade de carbono da gasolina. Ao substituir o combustível fóssil pelos biocombustíveis, a NEEA traduz o quanto de emissão de CO_2eq é mitigado. Portanto, ao substituir a gasolina por etanol hidratado, etanol anidro, biodiesel e/ou biometano, há a redução média de aproximadamente 59, 61, 66 e 77 gCO_2eq/MJ emitidos, respectivamente.

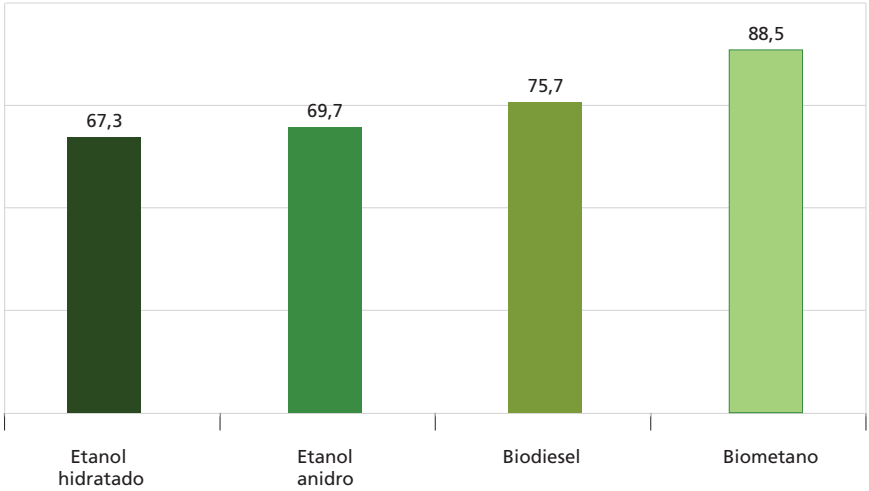
GRÁFICO 2
Eficiência energética dos biocombustíveis
(Em gCO_2eq/MJ)



Fonte: ANP (2022b).
Elaboração dos autores.

O gráfico 3 apresenta, em termos percentuais, o potencial de mitigação dos biocombustíveis analisados. Para isso, dividiu-se a eficiência energética ambiental desses últimos pela intensidade de carbono dos combustíveis fósseis. Verificou-se que o potencial de mitigação de poluentes foi de, aproximadamente, 67% (etanol hidratado), 70% (etanol anidro), 76% (biodiesel) e 89% (biometano), comparativamente à gasolina.

GRÁFICO 3
Potencial de mitigação de CO_2eq dos biocombustíveis comparativamente aos combustíveis fósseis
(Em %)



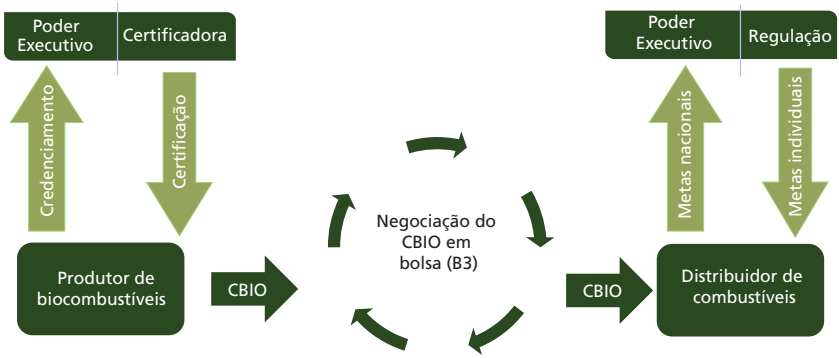
Fonte: ANP (2022b).
Elaboração dos autores.

A figura 1 apresenta resumidamente[8] o ciclo de vida do CBIO. Divide-se seu fluxo em duas etapas: a primeira, no mercado primário, e a segunda, no mercado secundário.

Na primeira etapa, o produtor ou importador de biocombustíveis solicita à ANP a autorização da emissão do CBIO. É responsabilidade dela a análise dos lastros e a permissão. Com autorização deferida, o produtor entra em contato com o escriturador[9] para: i) solicitação da emissão do CBIO sob a forma escritural; e ii) registro das informações do CBIO emitido na bolsa, ficando apto para as negociações de compra e venda.

8. Mais detalhes disponíveis em Anbima (2020).
9. O escriturador é responsável pelo registro da emissão no ambiente da bolsa e, também, pela negociação do CBIO no mercado primário.

FIGURA 1
O ciclo de vida do CBIO



Fonte: Anbima (2020) e Brasil (2017).
Elaboração dos autores.

Na segunda etapa, ocorrem os processos de compra e venda ou a solicitação de aposentadoria. Fica sob responsabilidade do custodiante, ou intermediário, o cadastro do investidor, a confirmação da parte e da contraparte no ambiente de negociação, a liquidação física e financeira e o envio do pedido de aposentadoria para a registradora. Por fim, o escriturador envia as informações sobre os CBIOs aposentados da parte obrigada e da não obrigada e os relatórios periódicos.

2.2 Histórico do mercado de carbono brasileiro

O mercado de carbono foi estabelecido após o Protocolo de Quioto (1997) – precisamente em 2005. O programa europeu de comércio de carbono (European Union Emission Trading System – EU-ETS), instituído por lei do Parlamento Europeu em 2003, foi ação pioneira, que procurou mitigar os efeitos das mudanças climáticas e os seus efeitos adversos a nível mundial (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

O mercado de carbono é um termo utilizado para expressar dois tipos diferentes de comercialização de ativos ambientais relacionados à emissão de GEE: i) direitos de emissão de GEE (*allowance*) – referente a um sistema de comércio de emissões (ETS); e ii) certificados de redução de emissão de GEE (Certified ou Verified Emission Reduction – CER/VER) – referente a um mecanismo de compensação (*offset*) (ICC Brasil e Waycarbon, 2021).

A partir dos tipos de comercialização, derivaram-se dois tipos de mercados de carbono. Primeiro, o regulado ou oficial (ETS), que vigorou a partir do marco regulatório do Protocolo de Quioto, com as metas para países desenvolvidos até 2020. Ademais, com o Acordo de Paris, observam-se as metas chamadas de Contribuição Nacionalmente Determinada (Nationally Determined Contributions – NDC). Segundo, o mercado de carbono voluntário (ICC Brasil e Waycarbon, 2021; Silveira e Oliveira, 2021).

O mercado oficial é um sistema regulado, em nível internacional, nacional ou regional, orientado por meio de um marco regulatório, que estabelece um limite máximo de emissão de GEE (*cap*). Os agentes que emitem abaixo desse limite podem negociar (*trade*) seus direitos de emissão (*allowances*) com os que emitem acima do limite (ICC Brasil e Waycarbon, 2021). Para seu funcionamento, desenvolveram-se três mecanismos de flexibilização para comercializar créditos de carbono: i) mecanismo de desenvolvimento limpo; ii) implementação conjunta; e iii) comércio de emissões (Nahur, Guido e Santos, 2015; Michel, Kallweit e Pfeil, 2016).

Segundo Godoy (2013), o mecanismo de desenvolvimento limpo determina que os países industrializados, para cumprimento da redução de GEE, devem investir em projetos que mitiguem suas emissões nos países em desenvolvimento. Já a implementação conjunta diz que os países desenvolvidos devem compensar suas emissões participando de projetos que geram créditos de carbono para serem comercializados. Por fim, o comércio de emissões permite que países industrializados negociem entre si os níveis de emissões acordados no marco regulatório.

Os mercados voluntários são opções diante das exigências e barreiras para atividades no mercado oficial. Além disso, são sistemas nos quais não há limites máximos de emissão definidos por regulação aos agentes. As metas de redução de GEE atendem a metodologias de determinados padrões, liderados, em geral, por organizações não governamentais (ONGs), que geram resultados de redução de emissão de GEE na implementação de projetos (CPLC, 2022). Esses mercados são acessados por indivíduos, empresas e organizações, interessados em atingir meta voluntária corporativa ou individual com créditos gerados por meio de processos certificados. Assim, os principais padrões do mercado voluntário são Verra, Gold Standard e Social Carbon,[10] entre outros (CEBDS, 2020; CPLC, 2022).

Essa discussão se iniciou, nacionalmente, a partir da Conferência das Partes, em sua 15ª edição (COP-15), realizada em Copenhagen, em 2009. O Brasil formalizou seu compromisso de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões nacionais de GEE, projetadas para 2020, por meio de suas ações de mitigação (Brasil, 2021a).

A partir da evolução das negociações no âmbito da COP-21, realizada em 2015, em Paris, tem-se a apresentação da pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (intended Nationally Determined Contribution – iNDC), ratificada

10. A Verra gerencia o principal programa voluntário no mercado mundial de carbono, chamado Verified Carbon Standard (VCS), que é o programa de crédito de GEE. Ele direciona o financiamento para atividades que reduzem e removem emissões, melhoram os meios de subsistência e protegem a natureza. O Gold Standard foi estabelecido em 2003 pelo World Wide Fund for Nature (WWF) e outras ONGs internacionais com projetos que reduzem as emissões de carbono e contribuem para o desenvolvimento sustentável. Por fim, a Social Carbon desenvolve projetos de mudança climática, de forma a fortalecer o bem-estar social com consciência cívica sem a degradação dos recursos naturais. Disponíveis em: <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/#>; <https://www.goldstandard.org/>; e <https://www.socialcarbon.org/>.

em 2016 na COP-22 (realizada em Varsóvia, em 2016) e revista em dezembro de 2020, consolidando a meta de redução absoluta no agregado da economia de 37% das emissões de GEE em relação aos níveis de 2005, com prazo de alcance até 2025, bem como a redução de 43% das emissões de GEE em relação aos níveis de 2005, com prazo até 2030 (Brasil, 2021a).

Em 2021, durante a Cúpula do Clima, organizada pelos Estados Unidos, foi defendido que o Brasil alcançaria a neutralidade climática até 2050 (Chiappini, 2021). Em paralelo à evolução histórica da mitigação das mudanças climáticas no Brasil, encontraram-se iniciativas para reduzir as emissões de GEE, tendo os mercados de carbono como instrumento. Essas iniciativas foram: i) o Projeto Partnership for Market Readiness (PMR) Brasil (2016-2020); ii) a RenovaBio (a partir de 2019); iii) a PNPSA (lançada em 2020, mas que não foi regulamentada); e iv) o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (ainda em discussão no Congresso Nacional para aprovação).

O projeto PMR Brasil, sob a coordenação do Ministério da Economia e do Banco Mundial, teve como objetivo discutir a precificação de carbono como uma ferramenta destinada à implementação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no período pós-2020. Esse projeto teria duração de quatro anos (2016-2020), sendo o mercado do tipo ETS (mercado regulado) o instrumento mais indicado para o Brasil (World Bank, 2020). Com o término do projeto PMR, o Brasil pretendia participar da Partnership for Market Implementation (PMI), que buscava auxiliar os países participantes a implementar instrumentos explícitos de precificação de carbono, alinhados às prioridades de desenvolvimento interno (World Bank, 2019). No entanto, em 2021, o Brasil não foi selecionado para adesão ao PMI. Os motivos apontados foram a restrição orçamentária do Banco Mundial e que o Brasil não estava adiantado na implementação de um mercado de carbono (EPE, 2021).

Em 2021, sob a Lei nº 14.119, o governo brasileiro instituiu a PNPSA, o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), definindo conceitos, objetivos, diretrizes, ações e critérios para incentivar a conservação das condições ambientais dos ecossistemas do Brasil (Brasil, 2020; 2021b). Essa política foi aprovada, necessitando de regulamentações adicionais para garantir sua implementação adequada às condições socioeconômicas, ambientais e técnicas existentes no Brasil.

No mesmo ano, o Projeto de Lei (PL) nº 528/21 estabeleceu o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), que regularia as transações de créditos de carbono (Brasil, 2021c). A proposta ofereceria bases para o desenvolvimento de um mercado voluntário de créditos de carbono, além da inclusão de um mercado ETS, em paralelo com a recomendação do PMR Brasil. No entanto, esse PL está em análise e será votado na Câmara dos Deputados.

Por fim, segundo Lopes *et al*. (2015), entre as vantagens de implementação no Brasil de um modelo piloto de *cap-and-trade*, isto é, mercado regulado, estariam os pontos a seguir descritos.

1) O posicionamento do Brasil ao lado de outros países em desenvolvimento que tenham implementado o modelo (ou estejam em processo de implementação de programas *cap-and-trade* pilotos).
2) A experiência no sistema de mercado cujas bases favoreceriam o desenvolvimento, a consolidação de novos mecanismos de mercado e acordos no âmbito da CQNUMC.
3) A redução da dependência da demanda nacional por ativos de carbono externos, para o caso em que existiria um mercado de carbono interno.
4) A criação de incentivos para investimentos em novas tecnologias relacionadas a uma economia de baixo carbono no país.
5) O posicionamento do Brasil como um país pioneiro na América Latina na implementação de um modelo *cap-and-trade*, possivelmente tornando-se responsável pela negociação de ativos de carbono na região, eventualmente interligando-se com mercados de carbono vizinhos.

3 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

Nesta análise, utilizaram-se dados secundários sobre o CBIOs, o mercado de carbono e os preços do petróleo para descrever seus comportamentos ao longo do período analisado. Além disso, verifica-se a relação entre as políticas de carbono que são objetos deste estudo.

3.1 Panorama geral da RenovaBio

A tabela 1 apresenta a distribuição das emissões de CBIOs por estados no período de 2020 a 2022. Em 2020, foram emitidos 18,7 milhões de CBIOs, evitando a emissão do mesmo montante de GEE com a utilização dos biocombustíveis. Em 2021, foram emitidos 30,8 milhões. Em 2022, por sua vez, foram emitidos 33,82 milhões de CBIOs, o que representou um crescimento de aproximadamente 10%, comparativamente ao ano anterior. Em termos regionais, os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais, em 2022, foram os que mais emitiram CBIOs no país, com as quantidades de 12,32 milhões, 6,24 milhões e 3,41 milhões de ativos emitidos, respectivamente.

TABELA 1
Distribuição das emissões de CBIOs por estados (2020-2022)

Estados	2020 (milhões de unidades)	2021 (milhões de unidades)	2022 (milhões de unidades)	Δ2021-2022 (%)
Acre	0	0	0	-
Alagoas	48.195	232.083	312.696	34,73
Amazonas	0	0	0	-
Amapá	0	0	0	-
Bahia	282.773	629.335	707.790	12,47
Ceará	48.729	75.982	85.456	12,47
Distrito Federal	0	0	0	-
Espírito Santo	0	6.813	62.588	818,65
Goiás	3.704.456	5.433.165	6.238.453	14,82
Maranhão	50.464	128.689	176.218	36,93
Minas Gerais	1.882.786	3.026.487	3.406.069	12,54
Mato Grosso do Sul	2.075.974	3.128.523	2.653.883	-15,17
Mato Grosso	656.554	1.498.689	3.352.895	123,72
Pará	0	29.827	68.115	128,37
Paraíba	107.098	191.118	240.275	25,72
Pernambuco	42.294	120.403	208.532	73,19
Piauí	25.676	40.291	43.777	8,65
Paraná	1.005.331	1.890.281	1.679.318	-11,16
Rio de Janeiro	297.290	316.006	448.368	41,89
Rio Grande do Norte	0	19.826	65.335	229,54
Rondônia	5.620	4.875	21.792	347,01
Roraima	0	0	0	-
Rio Grande do Sul	727.710	1.280.104	1.463.982	14,36
Santa Catarina	0	0	0	-
Sergipe	0	0	0	-
São Paulo	7.596.888	12.496.272	12.318.495	-1,42
Tocantins	153.308	222.495	270.781	21,70
Total	**18.711.146**	**30.771.264**	**33.824.818**	**9,92**

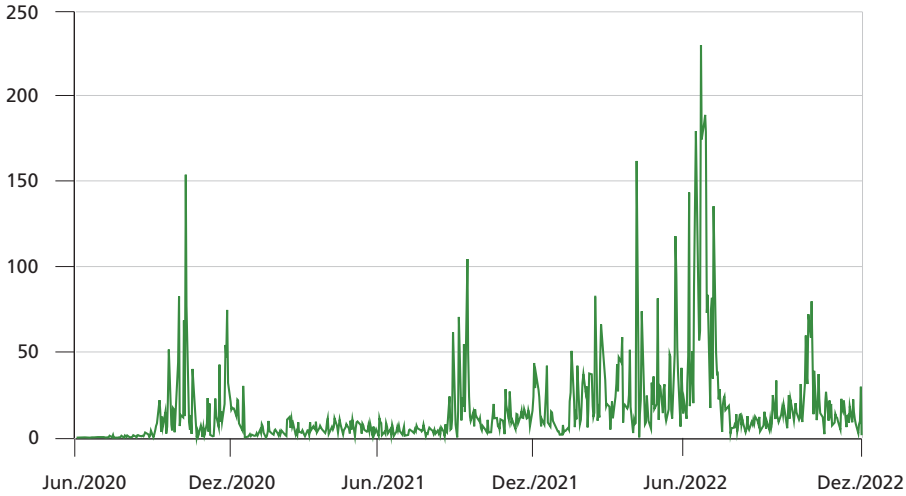
Fonte: B3, 2022. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.
Elaboração dos autores.

Em relação às metas de geração de CBIOs atribuídas pela ANP, verificou-se que, em 2020, deveriam ser emitidas 18,7 milhões de unidades de CBIOs. No entanto, ultrapassou-se a meta em 125,6%. Em 2021, a meta buscava emitir 24,9 milhões de unidades e foi superada em 123,8%. Por fim, a meta estabelecida para 2022 almejava a emissão de 36 milhões de ativos, não sendo atingida; conseguiu-se cumprir 94% da meta estipulada.[11]

11. Disponível em: <https://bit.ly/3VyKPiM>.

Os gráficos 4 e 5 apresentam o valor real transacionado e o comportamento do preço médio real de CBIOs no período de junho de 2020 a dezembro de 2022. Em 2020, os valores reais negociados foram de R$ 1,44 bilhão, com um preço médio real de R$ 44,51. Em 2021, o montante chegou a R$ 2,2 bilhões, resultado que apresentou crescimento de 51,4%, com o preço médio real negociado de R$ 39,11. Para tanto, em 2022, os valores negociados foram de R$ 6,9 bilhões, com preço médio real igual a R$ 99,74 (alta de aproximadamente 155%).

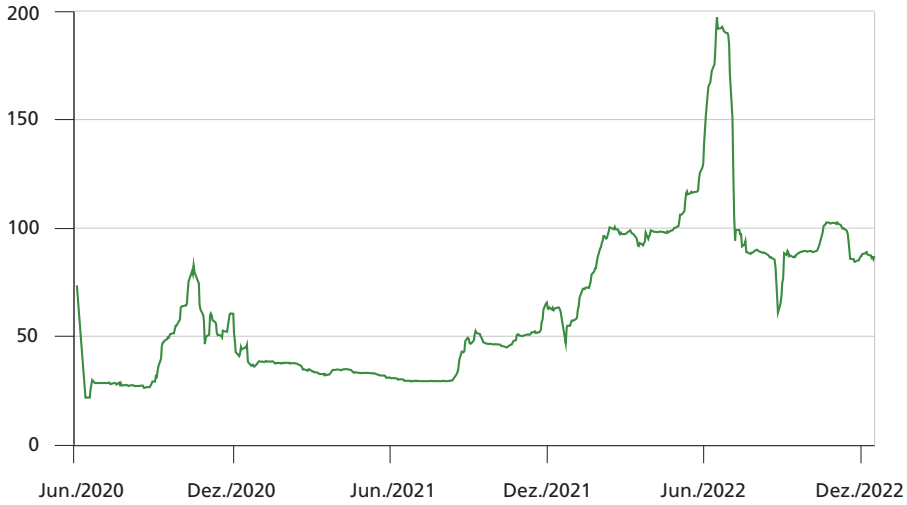
GRÁFICO 4
Volume financeiro real diário negociado de CBIOs (jun./2020-dez./2022)
(Em R$ milhões)



Fonte: B3, 2022. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.
Elaboração dos autores.

No gráfico 5, observou-se, em 2020, uma redução ao longo dos meses analisados, passando de R$ 73,52, em junho, para R$ 38,39, em dezembro, com preço médio de R$ 44,51. Em 2021, verificou-se uma trajetória sem oscilações de preços, na qual o preço médio ao longo do ano foi de R$ 39,11. O desempenho de 2022 apresentou um crescimento expressivo com média de R$ 99,74 durante o ano, tendo um valor máximo observado de R$ 197,36 em junho.

GRÁFICO 5
Preço médio em valores deflacionados (jun./2020-dez./2022)
(Em R$)



Fonte: B3, 2022. Disponível em: <https://www.b3.com.br/pt_br/>.
Elaboração dos autores.

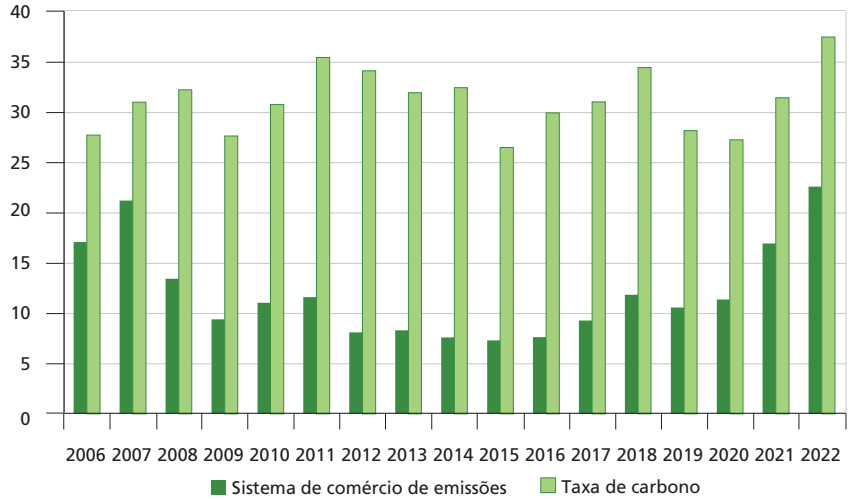
É importante relacionar o preço do CBIO com o preço do carbono no mundo. O gráfico 6 apresenta o preço médio no mercado internacional de carbono de 2006 a 2022. De maneira geral, não houve oscilações significativas de preços ao longo do período analisado. O preço médio em 2022 foi de US$ 22,63/tCO_2eq no sistema de emissões e de US$ 37,52/tCO_2eq no sistema com taxa de carbono.

Ao compararem-se os preços do CBIO com o mercado de carbono, como no ano de 2022, cujo preço real médio do CBIO foi de R$ 99,74, e considerando a taxa de câmbio anual para o dólar americano em 2022 de R$/US$ 5,22,[12] calculou-se o preço equivalente em dólar para o CBIO igual a US$ 19,11/tCO_2eq. Desse modo, observou-se que o CBIO se aproxima do sistema de comércio de emissões ou do mercado regulado de carbono, com preço médio, no mesmo período, de US$ 22,63/tCO_2eq.

O CBIO, ao incentivar a produção de biocombustíveis e reduzir a intensidade de carbono da economia, corrobora em um menor uso de combustíveis fósseis. Dessa forma, fica clara a relação de preço e emissão de CBIOs com o preço internacional do barril de petróleo. O gráfico 7 apresenta os preços *spot* do petróleo Brent (US$/b), de 2006 a 2022.

12. De acordo com Banco Central do Brasil, disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>.

GRÁFICO 6
Preço médio do carbono no mundo (2006-2022)
(Em US$/teq)



Fonte: FGV (2022b).
Elaboração dos autores.
Obs.: Taxa de carbono é a atribuição de preços ao carbono por meio de uma taxa ou imposto sobre as emissões de GEE, enquanto o sistema de comércio de emissões determina um limite total do volume das emissões de GEE em um ou mais setores da economia.

GRÁFICO 7
Preços *spot* do petróleo Brent (2006-2022)
(Em US$/b)

Fonte: EIA (2023).
Elaboração dos autores.

Ao longo do período analisado, observaram-se grandes oscilações no preço do petróleo. O início da década de 2000 foi marcado pelo *boom* de *commodities*, sobretudo pelo crescimento chinês, elevando-se os preços do petróleo. Em 2008, a grande queda de preço foi determinada pela grave crise imobiliária norte-americana. A partir de 2009, o preço do barril de petróleo apresentou comportamento crescente com a recuperação da economia mundial. Entre 2014 e 2016, os preços caíram significativamente em decorrência do aumento da produção da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) e da resiliência da produção dos Estados Unidos, que implicaram sobreoferta. Posteriormente a esse acontecimento, a formação da Opep+ conseguiu estabilizar o mercado e recuperar os preços nos anos seguintes. Por fim, com a pandemia de covid-19 e desacordos entre produtores da Opep+, ocorreu a queda dos preços em 2020. No entanto, os acordos de cotas e a recuperação pós-pandemia elevaram os preços. 2021 foi marcado por desequilíbrios entre oferta e demanda de petróleo e saturação da capacidade mundial de refino, o que permitiu alavancarem ainda mais os preços. O último agravante foi o conflito entre Ucrânia e Rússia, que provocou mais instabilidades e riscos geopolíticos, levando os preços de petróleo e seus derivados a novos recordes (EPE, 2022).

No Brasil, o petróleo e seus derivados são importantes fontes energéticas; entre os combustíveis, o *diesel* e a gasolina são os mais consumidos. Desse modo, o preço do barril de petróleo afeta o preço no mercado de CBIOs. Ao compararem-se os gráficos 5 e 7, há uma correlação positiva entre esses dois preços. Em junho de 2022, o preço real médio do CBIO alcançou seu maior valor (R$ 197,36), momento em que o preço da gasolina também estava em patamares elevados (US$ 122,71/barril). A partir do segundo semestre de 2022, o preço médio do CBIO recuou (R$ 86,53 em dezembro), com estabilização do preço do petróleo (US$ 80,92/barril).

Em relação à descarbonização da matriz de combustíveis pelo uso de biocombustíveis, verificou-se que, em 2020, foi evitada a emissão de 37,1 milhões de tCO_2eq. Em 2021, foram deixados de emitir 35,35 milhões de tCO_2eq. Por fim, em 2022, foi evitada a emissão de 26,03 milhões de tCO_2eq (FGV, 2022a).

3.2 Relação da RenovaBio com o mercado de carbono

O setor de energia enfrenta várias regulamentações relacionadas à GEE. Isso inclui tanto a tentativa de estabelecer o mercado de crédito de carbono brasileiro quanto a padronização das emissões de carbono, por meio da RenovaBio. Apesar disso, pelas experiências internacionais, essas duas políticas reduzem as emissões de GEE pela queima de combustível do setor de transporte, alterando a demanda total, o incentivo à produção e o consumo de combustíveis de baixo carbono.

Nesse contexto, há dúvidas sobre o relacionamento entre essas duas políticas de carbono, que visam à mitigação da emissão de GEE. Os diferentes instrumentos

utilizados por ambas afetam as partes regulamentadas, no entanto, de maneira bem distinta. Assim, há implicações importantes dos efeitos dessas políticas sobre consumidores, refinadores de petróleo e produtores de combustível de baixo carbono (Holland, Hughes e Knittel, 2009; Chen *et al.*, 2014).

O quadro 1 compara os elementos de formulação importantes de uma padronização de emissão com o mercado do tipo *cap-and-trade*. Nota-se que as políticas são semelhantes.

QUADRO 1
Comparação de políticas-padrões de combustível de baixo carbono com o mercado de crédito de carbono do tipo *cap-and-trade*

Mecanismos	Padrões de combustível de baixo carbono	Mercado *cap-and-trade*
Possui metas de redução de carbono e instrumentos para essa finalidade?	Sim	Sim
Determina as intensidades de carbono dos combustíveis?	Sim	Sim
Regulamenta um tipo de mercado de crédito?	Sim	Sim
Regulamenta diferentes combustíveis?	Sim	Não

Fonte: Lade e Lawell (2015).

Ambas as políticas podem ser implementadas por meio de uma regulamentação baseada em quantidade ou preço, o que permite uma fácil comparação. Há divergência apenas sobre os esquemas de subsídio fiscal equivalente adotado (Yeh *et al.*, 2016).

O mercado de crédito de carbono, geralmente o oficial, limita as emissões, envolvendo todos os países assinantes do contrato de regulação. Assim, em sua abrangência, inclui as emissões do setor de transportes, que são contabilizadas por uma parte reguladora por meio da compra de subsídios, permitindo as negociações do direito de emissão (mercado ETS) (Yeh *et al.*, 2016).

Nesse mercado, o comércio de licenças impacta todos os tipos de combustíveis. Isso se deve ao fato de as obrigações reguladas serem proporcionais à emissão de GEE de cada combustível. Desse modo, no mercado do tipo ETS, o aumento do custo dos combustíveis derivados do petróleo é maior do que em combustíveis de baixo carbono. Como resultado, acaba tornando esses últimos mais atrativos, tanto para produzir quanto para consumir (Yeh *et al.*, 2016).

No caso da política de padronização da emissão, há a especificação de um padrão de intensidade de carbono, que determina qual volume dos diferentes combustíveis será tributado ou subsidiado. Os combustíveis com altas emissões de CO_2eq geram déficits quando estão acima do padrão. Da mesma forma, combustíveis com baixa intensidade de carbono geram créditos. Assim, essa política utiliza como instrumento impostos sobre combustíveis com emissões acima do

limite padrão e subsidia aqueles com emissões abaixo. Além disso, o preço do crédito se ajusta até o ponto em que os déficits e os créditos compensam um ao outro. De modo distinto, no mercado do tipo ETS, o preço do crédito depende do custo marginal, do combustível utilizado para atender a regulamentação, do grau da comercialização concedida às partes em termos de serviços bancários, empréstimos e créditos de negociação e das restrições da própria política (Yeh *et al.*, 2016).

Pelas experiências internacionais, a política sobre o padrão de emissão dos combustíveis interage com outras políticas climáticas e energéticas, especificamente o mercado de carbono do tipo ETS. Pode-se dizer que a interação é do tipo complementar. Logo, com uma taxa adequadamente projetada, no preço do carbono ou no montante permitido de emissão de CO_2, como a existente no mercado do tipo ETS, é possível corrigir a ineficiência encontrada na política dos padrões de emissões dos combustíveis. Portanto, esta última é considerada a segunda melhor política relacionada ao mercado de carbono.

Ademais, as duas políticas têm alvos e focos diferentes: a padronização das emissões nos combustíveis é uma política de caráter tecnológico e de longo prazo, que incentiva tecnologias de baixo carbono no mercado, enquanto o mercado de carbono do tipo ETS internaliza a externalidade das emissões de carbono com amplo alcance, incluindo questões importantes, tais como tecnologia, comportamento, resposta do sistema e compensações internacionais.

Portanto, não existe uma resposta definitiva para o problema de pesquisa levantado. As políticas estudadas se complementam e podem contribuir para o desenvolvimento de ambas. Outras lacunas relevantes se apresentam. Na presença da RenovaBio, os combustíveis devem ser incluídos no mercado de carbono? Em caso afirmativo, quando e como? Os créditos devem ser negociáveis entre o mercado de carbono e a RenovaBio? Eles serão comercializados na plataforma da B3? As respostas a essas perguntas não têm uma fundamentação científica, já que se espera a implementação do mercado de carbono brasileiro.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meta de reduzir as emissões de GEE e o uso de combustíveis derivados do petróleo requer uma gama de políticas e programas. Práticas como a descarbonização de combustíveis e a redução do uso de veículos que utilizam energia não renovável são essenciais para mitigar a dependência de combustíveis de alto carbono. Nesse sentido, a RenovaBio, vista como uma política economicamente eficiente do tipo de padronização de emissão de baixo carbono, contribui para a descarbonização de combustíveis. Um dos pontos fortes é a maior flexibilidade em relação ao mercado de crédito de carbono regulado, aproveitando

mecanismos de livre mercado via negociação de crédito e estimulando a inovação no setor de energia.

Pelo observado, com a criação do mercado nacional de carbono, benefícios podem ser trazidos tanto para o alcance da economia de baixo carbono quanto para a RenovaBio, tendo como base a experiência internacional, a partir do Protocolo de Quioto e do mercado ETS, desenvolvido na Europa. No Brasil, o CBIO vem ocupando papel de destaque no que se refere a ativo de carbono, de modo a garantir a competitividade do setor energético, mesmo em cenários de baixa dos preços do petróleo e decréscimos nos percentuais de mistura obrigatória dos biocombustíveis na gasolina. Ademais, o CBIO auxilia na implementação do mercado de carbono voluntário nacional.

A comercialização de CBIOs no mercado acionário tem sido uma alternativa efetiva para a redução das emissões de carbono e sua monetização. Desse modo, o estabelecimento dessa sinergia entre a RenovaBio e o mercado de carbono nacional seria um grande marco em favor da sustentabilidade e do crescimento verde, beneficiando não só as gerações futuras pelo enfrentamento das mudanças climáticas, como também a população brasileira, pela geração de emprego e renda.

Existem várias oportunidades de estudos para o entendimento e a eficácia dos combustíveis de baixo carbono. Cita-se o papel das políticas públicas nas inovações tecnológicas, no aprendizado da indústria de biocombustíveis e na interação desses últimos com outras políticas que mitiguem a emissão de carbono. No geral, os estudos sobre padrões de combustível de baixo carbono continuarão a ter grande relevância para o desenho de políticas de carbono eficazes e eficientes não apenas nos Estados Unidos e na Europa, mas também para o desenvolvimento dessas políticas no Brasil. Por fim, acredita-se que a implementação do mercado de carbono nacional será complementar para a RenovaBio, e vice-versa. Não há motivos para não apoiar o desenvolvimento de ambos, pois estão na mesma direção: a de mitigar a emissão de GEE.

REFERÊNCIAS

ANBIMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS. **Guia de operacionalização do CBIO**: crédito de descarbonização por biocombustíveis. Rio de Janeiro: Anbima, 2020. Disponível em: <https://www.anbima.com.br/data/files/2B/23/E9/0F/FEF447101699D3471B2BA2A8/Guia%20de%20Operacionalizacao%20do%20CBIO.pdf>.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2022**. Rio de Janeiro: ANP, 2022a.

_____. **Painel dinâmico de certificações de biocombustíveis RenovaBio 2022**. Rio de Janeiro: ANP, 2022b.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 dez. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Floresta + Carbono incentiva conservação de vegetação nativa**. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <https://bit.ly/42uFU4w>. Acesso em: 30 nov. 2022.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária, com vistas ao desenvolvimento sustentável**: plano operacional ABC+ 2020-2030. Brasília: Mapa/SDI, 2021a.

_____. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 jan. 2021b.

_____. **Projeto de Lei nº 528/2021**. Regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), determinado pela Política Nacional de Mudança do Clima – Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021c.

CARB – CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **Staff report**: proposed regulation to implement the low carbon fuel standard. Initial statement of reasons. Sacramento: Carb, 2009. v. 1. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/barcu/regact/2009/lcfs09/lcfscombofinal.pdf>.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Visão geral dos mercados de carbono**: objetivos, dinâmicas e desempenho. Rio de Janeiro: CEBDS, 2020. (Nota Técnica). Disponível em: <https://bit.ly/42eX3Qg>.

CHAVES, M. C. de C.; GOMES, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Production Jornal**, v. 14, n. 3, p. 495-507, 2012.

CHEN, X. *et al*. Alternative transportation fuel standards: welfare effects and climate benefits. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 67, p. 241-257, 2014.

CHIAPPINI, G. Brasil revisa meta de emissões de carbono e promete neutralidade até 2050. **EPBR**, 22 abr. 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/brasil-revisa-meta-de-emissoes-de-carbono-e-promete-neutralidade-ate-2050/>. Acesso em: 19 nov. 2022.

CPLC – CARBON PRICING LEADERSHIP COALITION. **What is carbon pricing?** Washington: World Bank, 2022. Disponível em: <https://www.carbonpricingleadership.org/what>.

EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Petroleum and other liquids**: spot prices. Washington: EIA, 2023. Disponível em: <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RBRTE&f=M>.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consideração de benefícios ambientais no setor elétrico**: é hora de um mercado de carbono? Brasília: EPE, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3HJ5E5d>.

_____. **Preços internacionais de petróleo**: estudos do plano decenal de expansão de 2032. Brasília: EPE, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3VDn7le>.

FARRELL, A. E.; SPERLING, D. **A low-carbon fuel standard for California**: technical analysis (part 1). Davis: Institute of Transportation Studies, University of California, 2007a. (Research Report). Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/8zm8d3wj>. Acesso em: 18 nov. 2022.

_____. **A low-carbon fuel standard for California**: policy analysis (part 2). Davis: Institute of Transportation Studies, University of California, 2007b. (Research Report). Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/1hm6k089>.

FERREIRA, V. R.; PASSADOR, C. S. O cenário sobre biocombustíveis, políticas públicas e sustentabilidade na produção científica nacional e internacional: a internacionalização das pesquisas do Brasil. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 38., 2014, Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: Anpad, 2014.

FGV – FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Descarbonização da matriz de combustíveis**. São Paulo: FGV, 2022a. (Observatório de Bioeconomia). Disponível em: <https://bit.ly/3NGShq0>.

_____. **Precificação de carbono**. São Paulo: FGV, 2022b. (Observatório de Bioeconomia). Disponível em: <https://bit.ly/3AZ8vDs>.

GODOY, S. G. M. Projetos de redução de emissões de gases do efeito estufa: desempenhos e custos de transação. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 301-326, 2013.

_____. Os mercados de carbono em perspectiva comparada: informações e análises sobre o comércio e desenvolvimento sustentável. **Revista Pontes**, v. 13, p. 18-21, 2017.

HOLLAND, S. P.; HUGHES, J. E.; KNITTEL, C. R. Greenhouse gas reductions under low carbon fuel standards? **American Economic Journal**, v. 1, n. 1, p. 106-146, 2009.

HUSEYNOV, S.; PALMA, M. A. Does California's low carbon fuel standards reduce carbon dioxide emissions? **PLoS ONE**, v. 13, n. 9, 2018.

ICC – INTERNATIONAL CHAMBER OF COMMERCE BRASIL; WAYCARBON. **Oportunidades para o Brasil em mercados de carbono**. São Paulo: ICC Brasil; WayCarbon, 2021. Disponível em: <https://www.iccbrasil.org/media/uploads/2021/09/27/oportunidades-para-o-brasil-em-mercados-de-carbono_icc-br-e-waycarbon_29_09_2021.pdf>.

LADE, G. E.; LAWELL, C. Y. C. L. The design and economics of low carbon fuel standards. **Research in Transportation Economics**, v. 52, p. 91-99, 2015.

LOPES, L. *et al*. **Estudos sobre mercado de carbono no mercado de carbono no Brasil**: análise legal de possíveis modelos regulatórios. Washington: BID, 2015. (Monografia do BID, n. 307).

MICHEL, J.; KALLWEIT, K.; PFEIL, E. von. The clean development mechanism (CDM). *In*: PANCEL, L.; KÖHL, M. (Ed.). **Tropical forestry handbook**. Berlin: Springer, 2016. p. 3039-3056.

NAHUR, A. C.; GUIDO, F. L.; SANTOS, J. A. G. **As mudanças climáticas**: riscos e oportunidades. Brasília: Banco do Brasil, 2015.

SCARE, R. F. *et al*. **Modelo para atuação no mercado de créditos de carbono para a agricultura**. Ribeirão Preto: Markestrat Agribusiness, 2020.

SILVEIRA, C. S.; OLIVEIRA, L. Análise do mercado de carbono no Brasil: histórico e desenvolvimento. **Novos Cadernos NAEA**, v. 24, n. 3, p. 11-31, 2021.

SPERLING, D.; YEH, S. Toward a global low carbon fuel standard. **Transport Policy**, v. 17, p. 47-49, 2010.

WORLD BANK. **Partnership for market implementation**. Washington: World Bank, 2019. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/climatechange/brief/partnership-for-market-implementation>.

_____. **Síntese das análises e resultados do projeto PMR Brasil**. Brasília: Grupo Banco Mundial; ME, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/relatorio-sintese-pmr.pdf>.

YEH, S. *et al*. A review of low carbon fuel policies: principles, program status and future directions. **Energy Policy**, v. 97, p. 220-234, 2016.

YEH, S.; SPERLING, D. Low carbon fuel standards: implementation scenarios and challenges. **Energy Policy**, v. 38, p. 6955-6965, 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ASSAD, E. D.; RIBEIRO, R. R. R.; NAKAI, A. M. Assessments and how an increase in temperature may have an impact on agriculture in Brazil and mapping of the current and future situation. *In*: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Org.). **Climate change risks in Brazil**. São Paulo: Springer Nature, 2019. p. 3-65.

EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Energy market and economic impacts of S. 2191**: the Lieberman-Warner climate security act of 2007. Washington: US Department of Energy, 2008.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. **Climate change risks in Brazil**. Geneve: Springer, 2019.

US EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Supplemental EPA analysis of the American clean energy and security act of 2009 H. R. 2454 in the 111th Congress**. Washington: US EPA, 2009. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-06/documents/hr2454_analysis.pdf>.

NOTAS BIOGRÁFICAS

Adriana Maria Magalhães de Moura

Doutora em política e gestão da sustentabilidade pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB) e mestre em ciência política, na área de política ambiental, pela mesma universidade. Especialista em análise e avaliação de políticas públicas pelo Instituto Serzedello Corrêa (ISC), do Tribunal de Contas da União (TCU). Atuou por doze anos como gestora de projetos no Ministério do Meio Ambiente (MMA). É coordenadora de estudos em sustentabilidade ambiental na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <adriana.moura@ipea.gov.br>.

Alexandre Gervásio de Sousa

Graduado em engenharia de alimentos e mestre em agronegócio pela Universidade Federal de Goiás (UFG); doutor em economia aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); e técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea). *E-mail*: <alexandre.gervasio@ipea.gov.br>.

Andréa Curiacos Bertolini

PhD em química de alimentos pela Université de Nantes, França, com pós-doutorado pela University of Idaho, Estados Unidos. Agrônoma e pesquisadora na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). *E-mail*: <andrea.bertolini@embrapa.br>.

Constanza Valdes

Economista sênior no Market and Trade Economics Division of Economic Research Service (REE/ERS) em Kansas City, Missouri, do United States Department of Agriculrture (USDA). *E-mail*: <cvaldes@ers.usda.gov>.

Cristiane Mitie Ogino

Engenheira-agrônoma, doutora em economia aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) e pesquisadora no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <cristianeogino@gmail.com>.

Eliana Teles Bastos

Economista e especialista em administração pública. É assistente técnica da Coordenação-Geral de Políticas Públicas da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa). *E-mail*: <eliana.bastos@agro.gov.br>.

Elisangela Pereira Lopes

Doutora em arquitetura e urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (PPG-FAU) e mestra em transportes pelo Programa de Pós-Graduação em Transportes (PPGT), ambos da Universidade de Brasília (UnB). Graduada em ciências econômicas pelo Centro Universitário do Distrito Federal (UniDF). Economista da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), na Comissão Nacional de Logística e Infraestrutura. Professora na Faculdade de Tecnologia do CNA. *E-mail*: <elislopesdf@gmail.com>.

Helitton Christoffer Carneiro

Economista e mestre em economia aplicada pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila). Assistente de pesquisa na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea). *E-mail*: <helitton.carneiro@ipea.gov.br>.

José Alex do Nascimento Bento

Economista e doutor em economia rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Pesquisador no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <jose.bento@ipea.gov.br>.

José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho

Economista e matemático, PhD em economia e pesquisador de estudos de políticas agropecuárias na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). É coordenador do Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) do Ipea, bem como professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (PPGEA/UFV) e do Mestrado Profissional em Políticas Públicas e Desenvolvimento do Ipea. *E-mail*: <jose.vieira@ipea.gov.br>.

José Garcia Gasques

Engenheiro-agrônomo, doutor em economia e técnico de planejamento e pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). É coordenador-geral de políticas públicas na Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária (SPA/Mapa). *E-mail*: <jose.gasques@agro.gov.br>.

Luis Claudio Kubota

Economista, mestre e doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e especialista em economia da saúde pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Coordenador de métodos e projeções microeconômicas na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). *E-mail*: <luis.kubota@ipea.gov.br>.

Marcus Peixoto

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e doutor em ciências sociais em desenvolvimento, agricultura e sociedade pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). É pós-doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPED/IE/UFRJ) e pelo Observatório para a Qualidade da Lei da Faculdade de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Diretor-secretário da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (Sober) e consultor legislativo do Senado Federal, na área de economia e agricultura. *E-mail*: <marcus.peixoto@senado.leg.br>.

Mauricio Benedeti Rosa

Engenheiro de controle e automação e doutorando em economia pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) e mestre em economia aplicada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). É pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Diset/Ipea). *E-mail*: <mauricio.rosa@ipea.gov.br>.

Mirian Rumenos Piedade Bacchi

Professora titular do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/Usp) e pesquisadora do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) da Esalq/USP. *E-mail*: <mrpbacch@usp.br>.

Pedro Gabriel Eduard V. M. Meiners

Doutorando em economia agrícola e meio ambiente pela Universidade de Brasília (UnB) e mestre em desenvolvimento econômico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). É pesquisador no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <pg.meiners@gmail.com>.

Pedro Silva Barros

Economista e doutor em integração da América Latina, com pós-doutorado em economia pela Universidade de São Paulo (USP). É técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos Internacionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dinte/Ipea). *E-mail*: <pedro.barros@ipea.gov.br>.

Raúl Alfonso Velilla Gómez

Economista e doutor em economia aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). É pesquisador no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <raul.gomez@ipea.gov.br>.

Talita Priscila Pinto

Economista e doutora em economia aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pesquisadora do Centro de Estudos do Agronegócio da Fundação Getulio Vargas (FGV Agro) e do Observatório de Bioeconomia da FGV. *E-mail*: <talita.pinto@fgv.br>.

Valquíria Cardoso Caldeira

Doutoranda em economia pela Universidade de Brasília (UnB) e pesquisadora no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail*: <caldeira.c.valquiria@gmail.com>.

Zenaide Rodrigues Ferreira

Doutoranda em economia pela Universidade de Brasília (UnB), pesquisadora no Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária (ne2agro) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea) e professora de economia no Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC) do Distrito Federal. *E-mail*: <zenaide.r.ferreira@gmail.com>.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação
Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação
Rafael Augusto Ferreira Cardoso
Samuel Elias de Souza

Supervisão
Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão
Bruna Neves de Souza da Cruz
Bruna Oliveira Ranquine da Rocha
Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Elaine Oliveira Couto
Laize Santos de Oliveira
Luciana Bastos Dias
Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos
Vivian Barros Volotão Santos
Deborah Baldino Marte (estagiária)
Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

Editoração
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Mayana Mendes de Mattos
Mayara Barros da Mota

Capa
Mayara Barros da Mota

Imagens da capa
Depositphotos, do próprio organizador (José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho)
e foto de Adriane Steinmetz Nelli

The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.

Composto em adobe garamond pro 11/13,2 (texto)
Frutiger 67 bold condensed (títulos, gráficos e tabelas)
Rio de Janeiro-RJ

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

"Vamos dobrar o agro de tamanho nos próximos 12 anos com domínio da ciência e inovação nos 6 biomas brasileiros: agrobioconsciente! Certeza que o livro organizado por José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho e José Garcia Gasques traz importantes insights nesse sentido".

José Luiz Tejon – Jornalista, publicitário, professor, escritor, especialista em *marketing* do agronegócio e sócio-diretor da Biomarketing.

"Este livro realiza um excelente apontamento da necessidade de ambos, o pequeno e o grande produtor, empreenderem na agricultura sustentável, adotando prática no consórcio de culturas e, dessa forma, interagindo com a biologia e o meio ambiente a seu favor".

Paulo Celso de Almeida – Cafeicultor e proprietário da fazenda Botânica – Patrocínio/MG.

"Com rigor científico, esta obra busca compreender de forma profunda as causalidades do avanço do agronegócio nas últimas décadas no Brasil. Os autores apresentam novos desafios e, assim, contribuem para reorientar políticas e ações concretas de fora para dentro da porteira, para impulsionar ainda mais o sucesso sustentável da produção nacional".

Leonardo Kehdi Molan – Agricultor e diretor administrativo da Associação do Sudoeste Paulista de Irrigantes e Plantio na Palha (ASPIPP).

"Na temática Segurança, Desenvolvimento e Defesa, objeto dos Cursos de Altos Estudos em Defesa Nacional, é de extrema importância a discussão de assuntos, tais como a regularização fundiária, infraestrutura logística e dependência de fertilizantes, os quais podem vir a influir na Segurança Alimentar com reflexos no abastecimento interno de alimentos no país. Os capítulos, ora publicados neste estudo, discutem com precisão e objetividade algumas destas questões".

Cel Wilson André – Estado-Maior do Exército.

ISBN 978-65-5635-053-0
9 786556 350530

NE²AGRO Ipea – Núcleo de Estudos de Economia Agropecuária

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO