

Revista de **Política Agrícola**

VENDA
PROIBIDA

e-ISSN 2317-224X
ISSN impresso 1413-4969
Publicação Trimestral
Ano XXXII – Nº 1
Jan./Fev./Mar. 2023

Publicação da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária



Perspectivas das exportações de etanol no Brasil

Pág. 76

**O desenho
institucional do
Sistema Nacional
de Pesquisa
Agropecuária**

Pág. 43

**Diversificação
e produção
agrícola no
Brasil: uma
análise por
modelos
espaciais**

Pág. 121

**Ponto de Vista
Oportunidades,
desafios e
perspectivas para
o arroz no Brasil**

Pág. 154



Sumário

Conselho editorial Eliseu Alves <i>Presidente de honra</i> Elisio Contini <i>Presidente executivo</i> Wesley José da Rocha <i>Embrapa</i> Carlos Augusto Mattos Santana <i>Embrapa</i> Alcido Elenor Wander <i>Embrapa</i> Rosaura Gazzola <i>Embrapa</i> Roberta Dalla Porta Grundling <i>Embrapa</i> Alfredo Homma <i>Embrapa</i> José Garcia Gasques <i>Ministério da Agricultura e Pecuária</i> Fernanda Aparecida Silva <i>Universidade Federal de Viçosa</i> Zenaide Rodrigues Ferreira <i>Ipea</i> José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho <i>Ipea</i> Geraldo Sant'Anna de Camargo Barros <i>Esalq/USP</i>	Carta da Agricultura Tributo ao agro do Brasil 3 <i>Elisio Contini / Eliseu Alves</i> Contexto histórico e atual do seguro pecuário no Brasil e no mundo 7 <i>Beatriz Salandin Dal Pozzo / Suelen Cristina Gasparetto / Luana Maria Benicio / Pâmela Gomes / Vitor Augusto Ozaki</i> Perfil da pecuária no Centro-Oeste..... 29 <i>Francisco José Silva Tabosa / Eucinete de Menezes Albuquerque / Kilmer Coelho Campos</i> O desenho institucional do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária 43 <i>Igor de Aragão</i> Políticas agrícolas chinesas: fome, transformações e perspectivas 56 <i>Scarlett Queen Almeida Bispo / Michelle Márcia Viana Martins / Alicia Cechin</i> Perspectivas das exportações de etanol no Brasil..... 76 <i>Daniela Tatiane de Souza / José Dilcio Rocha / Osvaldo Tadatomo Oshiro / Rafael Mingoti</i> Estrutura regulatória para a aflatoxina no amendoim brasileiro 90 <i>Ivo Daniel Bassan / Vancler Zanin / Alex Leonardi / Fernanda Arnhold Pagnussatt / Carla Eliete Iochims dos Santos</i> Adoção de tecnologias na tomaticultura do Distrito Federal..... 109 <i>Maria Thereza Macedo Pedroso / Miguel Michereff Filho / Zenaide Rodrigues Ferreira / Paulo Freire Mello</i> Diversificação e produção agrícola no Brasil: uma análise por modelos espaciais 121 <i>Pietro Andre Telatin Paschoalino / José Luiz Parré</i> Pegada hídrica da produção de cana-de-açúcar no Paraná de 2010 a 2020 141 <i>Pedro Sbaraini Cordeiro / Simone Moro Manini / Pery Francisco Assis Shikida</i>
Secretaria-Geral Luciana Gontijo Pimenta Editor-Chefe Wesley José da Rocha Embrapa, Superintendência de Comunicação Supervisão editorial Wesley José da Rocha Revisão de texto Wesley José da Rocha Normalização bibliográfica Sabrina Déde de C. L. Degaut Pontes Márcia Maria Pereira de Souza Projeto gráfico, diagramação e capa Carlos Eduardo Felice Barbeiro Foto da capa chokniti (AdobeStock)	Ponto de Vista Oportunidades, desafios e perspectivas para o arroz no Brasil 154 <i>Alcido Elenor Wander</i>

Acesse gratuitamente a **Revista de Política Agrícola** em
Ministério da Agricultura e Pecuária
www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/revista-de-politica-agricola

Embrapa
www.embrapa.br/rpa

Ministério da Agricultura e Pecuária
Secretaria de Política Agrícola
Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 5º andar
70043-900 Brasília, DF
Fone: (61) 3218-2292
Fax: (61) 3224-8414
www.agricultura.gov.br
spa@agricultura.gov.br

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Superintendência de Comunicação (Sucom)
Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-2418
Wesley José da Rocha
wesley.jose@embrapa.br

Esta revista é uma publicação trimestral da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária, com a colaboração técnica da Secretaria de Gestão Estratégica da Embrapa e da Conab, dirigida a técnicos, empresários, pesquisadores que trabalham com o complexo agroindustrial e a quem busca informações sobre política agrícola.

É permitida a citação de artigos e dados desta revista, desde que seja mencionada a fonte. As matérias assinadas não refletem, necessariamente, a opinião do Ministério da Agricultura e Pecuária.

Tiragem

impressão suspensa

Publicação digital - formato pdf

Está autorizada, pelos autores e editores, a reprodução desta publicação, no todo ou em parte, desde que para fins não comerciais

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa, Secretaria Geral

Revista de Política Agrícola. – Ano 1, n. 1 (fev. 1992)-. – Brasília, DF : Ministério da Agricultura e Pecuária, Secretaria de Política Agrícola, 1992-
v. ; 27 cm.

Trimestral. Bimestral: 1992-1993.

Editor: Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura e Pecuária, 2004- .

Disponível também na internet: www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/revista-de-politica-agricola
ISSN impresso 1413-4969. eISSN 2317-224x

1. Política agrícola. I. Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Política Agrícola. II. Embrapa. III. Companhia Nacional de Abastecimento.

CDD 338.18 (21 ed.)

Rejane Maria de Oliveira (CRB-1/2913)

Tributo ao agro do Brasil

Impressiona a quantidade e a qualidade de artigos técnicos e científicos na literatura, posicionamentos em programas de rádio e televisão e nas redes sociais sobre o desempenho positivo do agro brasileiro, tanto na produção quanto na sustentabilidade, e propostas para o seu progresso. É louvável as contribuições do agro para o abastecimento interno e para a geração de divisas, via exportações, com o devido reconhecimento da sociedade. A renda gerada permitiu melhorar a qualidade de vida das populações rurais, a queda histórica da inflação de alimentos (Dieese, 2021) e a conquista do interior do Brasil. Adota-se aqui a concepção de agribusiness de Davis & Goldberg (1957), que inclui produção, insumos, processamento, armazenamento e comercialização.

Trabalho árduo – O desempenho espetacular do agro brasileiro, fortalecido em anos mais recentes, não é produto nem da sorte nem do acaso. É resultado de muito trabalho no uso racional de recursos naturais, como terra arável e disponibilidade de água, de ações de organizações públicas e privadas, da ciência aplicada ao setor produtivo, de monitoramento e controle de doenças e pragas e da promoção de produtos do setor nos mercados nacional e internacional. Como exemplo, entre milhares, vale mencionar o livro *Agro é paz*, por sua abrangência em análises e propostas de ações de governo e do setor privado (Rodrigues, 2018).

Contribuíram para o êxito também políticas macroeconômicas e agrícolas (Wedekin et al., 2019), como o crédito rural, e apoio ao

desenvolvimento rural, como ações de apoio ao associativismo e ao cooperativismo, e principalmente o espírito empreendedor de milhares de agricultores espalhados pelos rincões do Brasil. Destaca-se, nesse processo, a conquista dos cerrados para a produção tanto de grãos quanto pecuária (Bolfe et al., 2020; Wedekin, 2021).

Fases do agro no Brasil – Cada autor ou organização tem sua própria concepção da trajetória do agro na história do Brasil. Neste texto, adota-se a classificação da Embrapa na clássica “Visão de Futuro” (Embrapa, 2023), com a identificação de três grandes fases. A primeira fase vai do Brasil Colonial até 1965, com enfoque em ciclos de produtos de exportação (açúcar, café, cacau, borracha) e na agricultura de subsistência – a maioria da população vivia no campo. A segunda compreende a gradual construção de um agro que se tornou pujante, entre 1965 e 2000, com a criação de instituições de ciência e tecnologia, de representações do setor, de formulação de políticas públicas (específicas do agro e macroeconômicas, como o controle da inflação e liberação da taxa de câmbio), e de pujantes agroindústrias de insumos e de processamento. Por fim, o período atual, neste século, caracterizado pela intensificação produtiva e tecnológica, com crescente vinculação de produtos importantes às cadeias globais de valor, inseridas fortemente no mercado internacional. Resultados recentes comprovam o avanço do agro na produção e na conquista de mercados externos (Embrapa, 2023). Estudo da Embrapa

¹ Presidente executivo do Conselho Editorial da Revista de Política Agrícola, membro honorário da Academia Brasileira de Ciências Agrônômicas.

² Presidente de honra do Conselho Editorial da Revista de Política Agrícola.

estimou que o agro brasileiro contribuiu, em 2020, para alimentar ao redor de 800 milhões de pessoas, incluindo a população brasileira (Contini & Aragão, 2021).

Forças motrizes – Neste período mais recente, de 2000 em diante, duas forças motrizes vêm se destacando no agro brasileiro: do lado da produção, a forte intensificação tecnológica, em diversos ramos produtivos, não apenas aqueles mais diretamente ligados às exportações; do lado da demanda, o aumento da procura internacional, principalmente da China. A intensificação tecnológica em inúmeras cadeias produtivas é comprovada por sua importância na explicação no crescimento da produção segundo os censos agropecuários. No Censo Agropecuário de 2006/2007, a tecnologia explicava 68,1% do crescimento do valor da produção; no último censo, de 2017, o valor mantém-se elevado, 46,3% (Alves et al., 2020).

Outro indicador da eficiência produtiva são os cálculos da Produtividade Total dos Fatores (PTF) agregada e, separadamente, para mão de obra, terra e capital, entre 1975 e 2020. No período, o crescimento da PTF atingiu signifi-

cativos 3,37% ao ano, com destaque para a mão de obra. De 1975 a 2000, a PTF cresceu 123% – mão de obra, 158%; terra, 128%; e capital, 106%. Em 2019, considerando o início em 1975, a PTF cresceu 297%, sendo 502% para a mão de obra, 367% para a terra e 241% para o capital. (Gasques et al., 2020). Em relação aos insumos e produtos, no mesmo período o aumento foi de 24% e de 392%, respectivamente – extraordinária evolução do produto.

Produção de grãos e carnes – Dois exemplos³ retratam a espetacular evolução do nosso agro em anos recentes. Segundo dados oficiais do IBGE, de 2000 a 2023 a produção de grãos cresceu de 81 milhões de toneladas para 287 milhões (+254%), podendo superar neste ano os 300 milhões conforme estimativas mais recentes. No caso da soja, a produção passou de 33 milhões de toneladas para 148 milhões (+348%), e a de milho saltou de 32 milhões para 116 milhões de toneladas (+263%) (Figura 1). O Brasil tornou-se o líder mundial na produção de soja e avança na de milho (Figura 1). A produção de grãos cresceu à taxa de 5,05% ao ano – milho, 5,28%; e soja, 6,00%⁴. (IBGE, 2023).

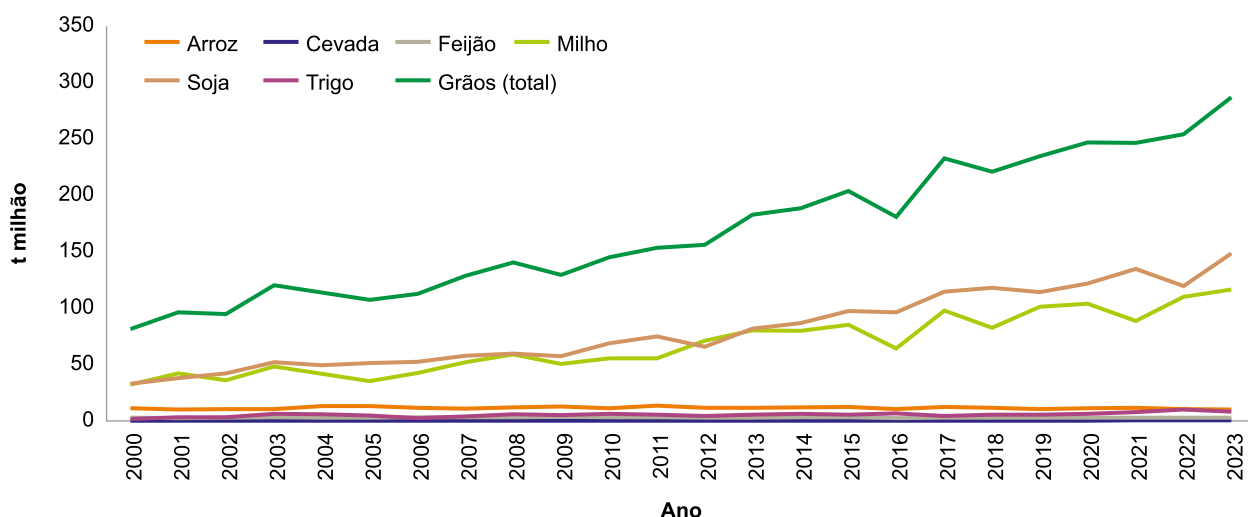


Figura 1. Brasil – produção de grãos, de 2000 a 2023.

Fonte: IBGE (2023).

³ Os autores agradecem a Adalberto Araújo os cálculos e gráficos da produção de grãos e de carnes.

⁴ Cálculos próprios.

Em 2020, o Brasil era o quarto maior produtor de grãos, atrás dos Estados Unidos, da China e da Índia, podendo neste ano ter ocupado o terceiro lugar. Em quantidade exportada, ocupava a segunda posição, aproximando-se dos Estados Unidos. Entre 2000 e 2020, exportamos 1,1 bilhão de toneladas, o que representa, em valor, 22,2% das exportações mundiais. Projeções indicam que o Brasil conquistará novos mercados e se tornará um grande supridor de grãos para o mundo. (FAO, 2022).

A Figura 2 mostra nossa produção total de carnes (bovina, suína e de aves) para o período de 2000 a 2023 (previsão) e separadamente. Nos últimos 23 anos, a produção total de carnes dobrou – de 15 milhões para 30 milhões de toneladas (peso de carcaças). Os dados mostram desempenho espetacular da carne de frango, que saltou dos 6 milhões para 15 milhões de toneladas (+150%). (Estados Unidos, 2023). As taxas anuais de crescimento foram de 2,67% (carnes totais), 1,64% (bovina), 3,45% (frango) e 2,94% (suína)⁵. Em 2020, o Brasil era o terceiro maior produtor mundial de carnes, com participação

de quase 10%, e o segundo exportador, aproximando-se dos Estados Unidos. Em 20 anos, o valor exportado pelo País, a preços de 2020, foi de US\$ 265 bilhões (Aragão & Contini, 2022).

Desafios – O primeiro e grande desafio é o aumento da produção com sustentabilidade. O crescimento extraordinário da produtividade das principais culturas e criações tem poupado milhares de hectares e permitido a manutenção de reservas de recursos naturais nos diferentes biomas. Sistemas de produção como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta têm permitido produzir com maior sustentabilidade em relação aos recursos naturais de que o País dispõe. A implementação do Código Florestal está sendo um atestado de que a produção do agro seguirá com sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Do ponto de vista socioeconômico, o maior dos desafios da agricultura é encontrar soluções apropriadas para milhares de pequenos produtores, principalmente do Nordeste. Entre os problemas da região, destacam-se as secas periódicas que destroem plantações, a baixa

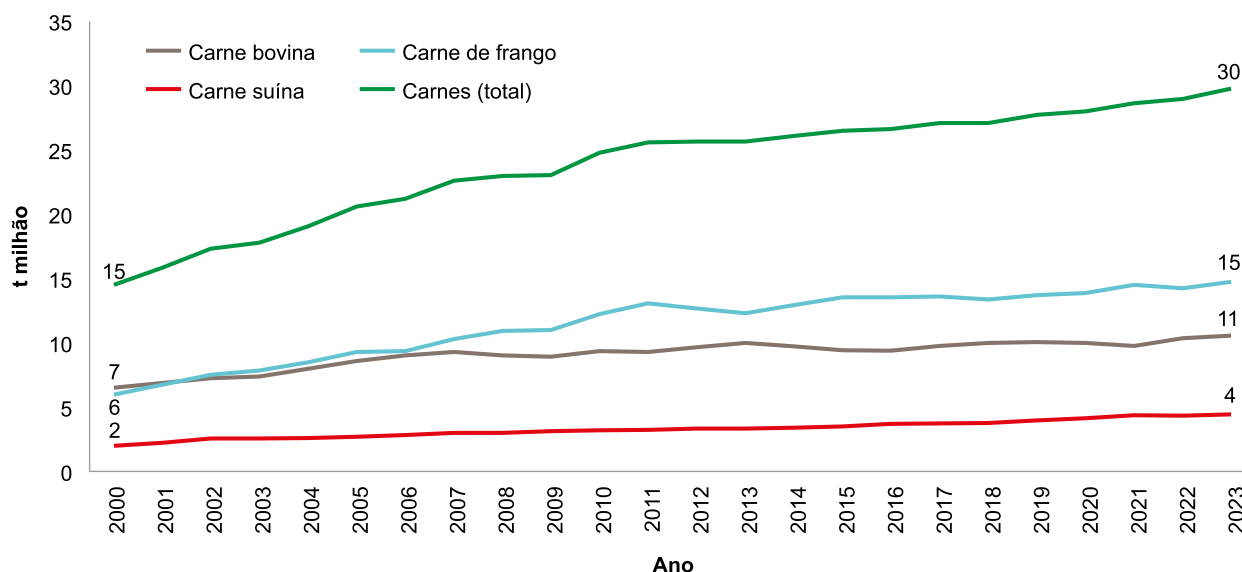


Figura 2. Brasil – produção de carnes, de 2000 a 2023.

Fonte: Estados Unidos (2023).

⁵ Cálculos próprios.

escala de produção para os principais produtos, a baixa produtividade, a migração de jovens e o envelhecimento dos agricultores – existem inúmeros estudos sobre o tema na literatura de economia agrícola. Onde há água, a irrigação é uma forma de produção estável no tempo; em regiões semiáridas, a preservação da água da chuva suaviza a intempérie. (Alves et al., 2020).

Do ponto de vista técnico, existem oito megatendências para o agro brasileiro, identificadas por grande número de cientistas, e o grande desafio vai ser lidar com essas grandes mudanças e concretizar os benefícios para a melhoria do setor e da sociedade brasileira: sustentabilidade; adaptação à mudança do clima; agrodigital; intensificação tecnológica e concentração da produção; transformações rápidas no consumo e na agregação de valor; biorrevolução; integração de conhecimentos e de tecnologia; e incremento da governança e dos riscos (Embrapa, 2023).

Referências

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. e; GOMES, E.G. A concentração do valor bruto da produção e a pobreza segundo o Censo Agropecuário 2017. In: NAVARRO, Z. (Org). **A economia agropecuária do Brasil: a grande transformação**. São Paulo: Baraúna, 2020. p.176-182.

ARAGÃO, A.; CONTINI, E. **O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2021**. 2022. Apresentação em powerpoint. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/26187851/O+agro+no+Brasil+e+no+mundo/098fc6c1-a4b4-7150-fad7-aaa026c94a40>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BOLFE, E.E.; SANO, E.E.; CAMPOS, S.K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília: Embrapa, 2020. 308p.

CONTINI, E.; ARAGÃO, A. Agro do Brasil alimenta quase 10% da população mundial. **Agroanalysis**, v.41, p.16-17, 2021.

DAVIS, J.H.; GOLDBERG, R.A. **A concept of Agribusiness**. Harvard: Harvard University, 1957.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Pesquisa Nacional da Cesta Básica de Alimentos**. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/analisecestabasica/analiseCestaBasica202105.html>>. Acesso em: 23 jun. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão de futuro do agro brasileiro**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao-de-futuro>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **PSD: Production, Supply and Distribution**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <<https://fenix.fao.org/faostat/internal/en/#data/QCL>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

GASQUES, J.G.; BACCHI, M.R.P.; BASTOS, E.T.; VALDEZ, C. 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, 2020. p.107-119.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

RODRIGUES, R. (Org.). **Agro é paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo**. Piracicaba: ESALQ, 2018. 414p.

WEDEKIN, I. (Org.). **Alysson Paolinelli: o visionário da agricultura tropical**. São Paulo: Metalivros, 2021. 191p.

WEDEKIN, I.; HONCZAR, G.; PINAZZA, L.A.; ROSA, B.; GUIMARÃES, E.; SERIGATI, F.; LEMOS, F.K.; ANJOS, J.M. dos; OZAKI, V.; LIMA, R.C.A.; RAMOS, S.Y.; BURANELLO, R.; MARQUES, E.S.; ARAÚJO, W.V. de; MACHADO, R.R.B.; CONTINI, E.; COURI, J.; ALVES, E.; VEDRO, C. **Política agrícola no Brasil: o agronegócio na perspectiva global**. São Paulo: WDK Agronegócio, 2019. 355p.

Contexto histórico e atual do seguro pecuário no Brasil e no mundo¹

Beatriz Salandin Dal Pozzo²
Suelen Cristina Gasparetto³
Luana Maria Benicio⁴
Pâmela Gomes⁵
Vitor Augusto Ozaki⁶

Resumo – Como todo processo produtivo, a pecuária está sujeita a diversos riscos, como mortalidade e oscilações de preços dos animais ou mesmo dos insumos. Uma forma de mitigar esses riscos são os seguros, que possibilitam a transferência da incerteza para uma empresa que vai cobrar um prêmio pelo serviço e fará o pagamento de uma indenização caso ocorra um sinistro coberto pela apólice. Apesar de esse instrumento financeiro ser amplamente usado pelo público em geral, o seguro pecuário ainda é pouco desenvolvido e adotado pelos criadores de animais em países em desenvolvimento, como o Brasil. Nota-se, portanto, que há grande potencial de crescimento dessa ferramenta no País, em razão da expressiva capacidade produtiva nacional. Além disso, a escassez literária sobre o assunto justifica este estudo. Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar uma revisão bibliográfica sistemática ampla sobre o tema, para compilar artigos e proporcionar embasamento para futuros estudos. Observou-se que uma das desvantagens desse seguro é a forte presença de seleção adversa e risco moral. Constatou-se também que contratos a termo e/ou futuros são os instrumentos mais usados no Brasil para a mitigação de risco.

Palavras-chave: contrato a termo, pecuária, risco moral, seleção adversa.

Historical and current context of livestock insurance in Brazil and worldwide

Abstract – Like any production process, livestock is subject to several risks, such as mortality and price fluctuations of animals, or even inputs. One way of mitigating these risks to the producer is the use of insurance, which consists in transferring uncertainty to a company that will charge a premium for this service and will pay a compensation, in case of a claim covered by the policy. Although livestock insurance is widely used by the public, this financial instrument is still underdeveloped and used by animal breeders in developing countries, such as Brazil. On that account, we observed that there is a great potential for growth of this tool in the country, due to the expressive national productive capacity. In addition, a scarcity of literature on the subject was identified, which justifies the present study. Therefore, the objective of this work was to prepare a systematic literature review

¹ Original recebido em 8/4/2022 e aprovado em 4/10/2022.

² Bacharel em Ciências Econômicas, mestranda em Economia Aplicada. E-mail: beatriz.pozzo@usp.br

³ Mestre em Ciências, doutoranda em Estatística e Experimentação Agrônoma. E-mail: suelengasparetto@usp.br

⁴ Graduanda em Engenharia Agrônoma. E-mail: luanabenicio@usp.br

⁵ Bacharel em Ciências Econômicas. E-mail: pamela.gomes@usp.br

⁶ Professor Doutor nos Departamentos de Ciências Exatas, de Economia, Administração e Sociologia e de Estatística e Experimentação Agrônoma da Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. E-mail: vitorozaki@usp.br

on the topic, to compile articles and provide a basis for future studies. In this context, we noticed that one of the disadvantages of this insurance is the presence of adverse selection and moral hazard. We also found that the forward and/or futures contracts are the most used instruments in Brazil for risk mitigation.

Keywords: forward contract, livestock, moral hazard, adverse selection.

Introdução

O seguro pecuário é uma ferramenta cujo funcionamento consiste no fato de o pecuarista transferir seu risco a uma seguradora, que, em contrapartida, cobra um prêmio do produtor. No fim do ciclo produtivo, a companhia paga uma indenização em caso de perda comprovada, decorrente de fatores abrangidos pela apólice (Khan et al., 2013).

O seguro pecuário tornou-se mais conhecido no mundo há pouco tempo, e o modelo mais comumente encontrado é o seguro de mortalidade animal (Khan et al., 2013). O lento desenvolvimento do seguro pecuário decorre da prevalência de alto risco moral, que pode ser caracterizado como uma assimetria na informação entre as partes depois de efetuado o seguro, podendo haver ações de má-fé por parte dos segurados. Além disso, a atividade pecuária abrange mais de um estágio de produção, geralmente dividida em cria, recria e engorda, o que pode acarretar perdas suscetíveis de animais de uma etapa para outra (Boyd et al., 2013).

No Brasil, os preços da arroba pagos aos pecuaristas sofrem grandes variações em decorrência de conflitos no processo de comercialização entre indústrias e produtores, o que faz o seguro ser um instrumento de mitigação desses impactos econômicos ao produtor (Carrer et al., 2013).

Conforme o Atlas do Seguro Rural (Brasil, 2022), existem hoje quatro empresas de seguros no mercado brasileiro. A Mapfre possui 35,8% dos beneficiários, e os serviços ofertados são voltados para a pecuária bovina de corte. A seguradora Swiss Re, com 28,52%, assegura uma variedade maior de animais, como equinos, bovinos, caprinos, suínos e ovinos. A Brasilseg possui cobertura para faturamento pecuário,

recuperação de pastagens e suplementação alimentar. A seguradora Fairfax atende bovinos destinados ao consumo ou à reprodução.

Embora existam entraves e pouca adesão ao seguro, observa-se que muitos países, como Argentina, Chile e Índia, vêm adotando tal ferramenta como modo de reduzir as perdas econômicas (Khan et al., 2013). Nota-se que é grande o potencial de crescimento e aplicação desse instrumento no mercado brasileiro. Além disso, a escassa literatura nacional sobre o tema justifica este trabalho.

Portanto, o objetivo deste estudo foi fazer uma revisão de literatura sistemática qualitativa ampla referente à compreensão e à explicação da dinâmica dos seguros pecuários no Brasil e no mundo e, assim, colaborar com o aprimoramento do mercado de seguros pecuários.

Aspectos metodológicos

A abordagem da pesquisa é predominantemente qualitativa, com enfoque na compreensão e explicação da dinâmica dos seguros pecuários. Esse método é caracterizado pela objetivação do fenômeno e pelo caráter interativo entre os objetivos investigados pelos pesquisadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos. Possui natureza aplicada, já que tem a finalidade de agregar conhecimentos para futura aplicação prática, visando ao desenvolvimento do mercado de seguros destinados à pecuária (Gerhardt & Silveira, 2009).

Por isso, este estudo classifica-se, quanto ao propósito, como pesquisa exploratório-descritiva. O modelo exploratório visa proporcionar maior familiaridade do autor com o tema a ser analisado, de forma a aprimorar ideias ou des-

cobrir instituições. Já o propósito da pesquisa descritiva é a descrição das características do objeto em estudo e o estabelecimento de certas relações entre as variáveis estudadas. Em alguns casos, esse tipo de investigação vai além desses objetivos, podendo ter a finalidade de determinar a natureza da relação (Gil, 2002).

Além disso, fez-se uma revisão bibliográfica, para que seja possível rever os resultados encontrados por diferentes autores (Feltrim, 2007). Segundo Figueiredo (1990), o autor de um artigo de revisão precisa assimilar os dados e usar esse material de forma coerente, de modo a aprofundar sua compreensão e seu entendimento sobre o assunto. Gil (2002) comenta que esse tipo de estudo permite ao pesquisador uma ampla cobertura dos fenômenos por ele estudados, principalmente nos casos de problemáticas envolvendo dados dispersos no tempo e no espaço, já que são capazes de conglomerar informações.

As principais funções desse método são: dar ao leitor as informações necessárias para o entendimento do assunto em estudo, expor o conhecimento existente, que pode servir de base tanto para a investigação do autor quanto para futuras investigações (orientação e auxílio), comparação de informações de fontes diferentes e compactação dessas pesquisas (Figueiredo, 1990; Feltrim, 2007).

Em suma, a pesquisa bibliográfica sistemática tem como características a coleta e a síntese sistemática de trabalhos passados, sendo fundamentais ao embasamento de novos estudos e à identificação de áreas que necessitam ser mais desenvolvidas. Esse tipo de estudo é uma boa ferramenta metodológica para o fornecimento de respostas, avaliação e validação de determinada teoria (Snyder, 2019).

Assim, o procedimento metodológico adotado nesta pesquisa foi a revisão bibliográfica sistemática, tanto da literatura nacional quanto da internacional, relacionada aos produtos do seguro pecuário, seguida de uma análise geral do setor.

A busca foi feita nos portais Web of Science, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, Capes Periódicos e JSTOR, usando uma estratégia de pesquisa com palavras-chave, como (livestock OR cattle) AND insurance; (livestock OR cattle) AND protection; (livestock OR cattle) AND risk; (livestock OR cattle) AND insurance AND Bra*il; (livestock OR cattle) AND protection AND Bra*il; (livestock OR cattle) AND risk AND Bra*il, e as datas de publicação dos artigos variam de 1930 a 2022.

No total, foram utilizados 32 artigos que exploraram o tema “gestão de risco na pecuária”, no Brasil e no mundo, e os critérios de inclusão foram: i) artigos diretamente relacionados ao tema em questão; ii) trabalhos que apresentassem as dificuldades do seguro pecuário; e iii) estudos que tivessem o objetivo de entender a dinâmica do seguro, para desenvolvê-lo. Já os critérios de exclusão dos trabalhos foram estes: i) artigos que não focalizassem o tópico em discussão; e ii) estudos que não possuísem os requisitos mínimos exigidos para publicações científicas.

Além disso, dados sobre seguro pecuário, quantidade efetiva por rebanho e número de estabelecimentos destinados à pecuária foram levantados em órgãos governamentais, como Atlas do Seguro Agrícola (Brasil, 2022), Superintendência de Seguros Privados (Susep, 2022) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021, 2022), com o intuito de relacionar e comparar tais variáveis. Outra fonte consultada foi o Risk Management Agency (Estados Unidos, 2022), para fazer uma comparação entre produtos oferecidos no Brasil e nos EUA. Foram também utilizados dados e informações disponíveis nos sites das empresas Brasilseg (BB Seguros, 2022), Mapfre (2022), Swiss Re (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022) e Fairfax (Fairfax Brasil, 2022), que possuem um mercado ativo desse tipo de seguro no Brasil.

Com isso, extraíram-se ideias considerando-se os parâmetros da matriz de SWOT⁷ – forças

⁷ A análise SWOT pode ser definida como uma ferramenta de gestão estratégica na qual há exame cruzado das forças e fraquezas internas de um organismo, bem como do ambiente externo, identificando oportunidades e ameaças (Oliveira Neto et al., 2008; Doliveria et al., 2020).

(strengths), fraquezas (weaknesses), oportunidades (opportunities) e ameaças (threats) –, para uma síntese das discussões encontradas.

Essa análise, muito empregada na gestão estratégica, é capaz de gerar uma avaliação de fatores internos (forças e fraquezas) para a compressão do que pode ou não propiciar a diferenciação e o bom desempenho do seguro pecuário. Mais do que isso, também avalia os fatores externos não controláveis, que podem ser benéficos ou prejudiciais ao produto em questão. Com a identificação do contexto, é possível determinar os principais pontos a serem desenvolvidos para que o setor de seguro pecuário seja aprimorado, objetivo deste trabalho (Doliveria et al., 2020).

Tipos de seguro pecuário

Seguro pecuário de mortalidade animal

Conforme Khan et al. (2013), o seguro pecuário é um instrumento de mitigação de risco no qual o pecuarista transfere seu risco à população em geral por meio das companhias de seguro, uma vez que há um acordo entre produtor e seguradora. Em outros termos, as empresas cobram um prêmio dos fazendeiros e fornecem indenizações a eles se for comprovado que a perda ou sinistro é decorrente de fatores abrangidos pela apólice.

Para o autor, o seguro pecuário é relativamente novo na maior parte do mundo, sendo ainda pouco difundido comercialmente. O modelo mais encontrado no mercado é o seguro de mortalidade do animal, muito semelhante ao seguro de vida. O produtor receberá a indenização em caso de morte do animal decorrente de alguma adversidade especificada na apólice. Normalmente, esses seguros não abrangem manejo inadequado do gado, já que se trata de um risco moral (Khan et al., 2013).

Em suma, o objetivo do seguro pecuário é cobrir os danos diretos ou indiretos aos animais destinados ao consumo, à produção e à reprodu-

ção, podendo englobar todos as fases de produção (cria, recria e engorda), bem como aos animais para sela, tração e manejo da fazenda. Os riscos de morte geralmente cobertos são: i) acidente; ii) doença; iii) asfixia por sufocamento ou submersão; iv) eletrocussão, incêndio, insolação e raio; v) envenenamento, intoxicação e ingestão acidental de corpo; vi) luta, ataque, picada ou mordedura de animais; vii) parto distorcido ou aborto; viii) inoculações vacinais e outras medidas de ordem profilática, necessárias à preservação da saúde do animal, decorrentes de ordem pública ou estipulação médico-veterinária devidamente comprovada; e ix) eutanásia ou abate por determinação médico-veterinária decorrente dos itens acima dispostos (Susep, 2022).

Seguro pecuário de faturamento

Nessa modalidade, o objetivo é garantir o faturamento do produtor no caso de queda dos preços ou da receita. O pecuarista receberá o pagamento de uma indenização quando o faturamento obtido, isto é, o retorno efetivo do produtor com o rebanho segurado for menor do que o faturamento determinado na apólice, calculado com base em índices de preços futuros dos animais acabados (prontos para abate). Os riscos cobertos incluem morte dos animais e quedas dos preços (BB Seguros, 2022; Estados Unidos, 2022).

Seguro pecuário de margem bruta

Esse instrumento foi projetado para oferecer proteção contra quedas inesperadas da margem bruta do produtor, que pode ser definida como a diferença entre a receita e o custo de produção. Nesse contexto, há uma redução da variabilidade da renda do pecuarista, já que existe um resguardo contra quedas dos preços dos animais e/ou altas dos preços dos insumos. A indenização será paga no caso de a margem bruta efetiva ser menor do que a margem bruta garantida, estimada com base em indicadores de preços futuros dos animais e dos insumos (Estados Unidos, 2022).

Seguro pecuário de índices

Diferentemente do convencional, o seguro de índice indeniza o segurado com base no valor observado de um determinado “índice” ou alguma outra variável intimamente relacionada ao impacto de eventos climáticos generalizados sobre a produção agrícola. O índice mais utilizado em projetos de contratos dessa modalidade de seguro é a precipitação. No entanto, outras variáveis podem ser usadas: rendimentos de área, níveis de inundação, fluxos de rios, índices de vegetação medidos por satélite e taxas regionais de mortalidade de gado, por exemplo (Miranda & Farrin, 2012).

Antecedentes históricos do risco e seguro pecuário

Breve histórico do seguro pecuário no mundo

Os primeiros registros de seguro pecuário são de cerca de 1700 na Grã-Bretanha. No entanto, o progresso, tanto da quantidade de gado segurado quanto da organização dessa classe de negócios, foi decepcionante. Durante o século 17 e início do século 18 foram fundadas várias seguradoras com o objetivo de cobrir os riscos da pecuária, principalmente de cavalos, mas o tempo de atuação dessas empresas era muito breve. Como consequência das falências das seguradoras, muitas reclamações e insatisfações foram registradas. Mesmo diante dessa situação, em 1844 a Farmer’s and Grazier’s Company foi criada, proporcionando um aumento do número de empresas do ramo. (Jones, 1930).

Em 1830, começaram as ofertas de seguro pecuário na Alemanha e, em 1900, na Suíça e na Suécia. Os primeiros esquemas desse produto eram amplamente fornecidos por pequenas empresas, que ofereciam cobertura para riscos únicos ou nomeados, como incêndio, geada e granizo (Smith & Glauber, 2012).

Em 1959, a companhia Başak Insurance ingressou no mercado de seguro pecuário, na Turquia, com cobertura para granizo. Porém, essa modalidade estava inserida no setor de seguros agrícolas, diferentemente do que ocorre hoje. Esse mecanismo de mitigação de riscos na criação animal não exibiu desenvolvimento satisfatório por quase 50 anos, por causa da falta de apoio estatal, inadequação dos regulamentos legais e problemas associados ao setor de seguros em geral (Yaylak et al., 2011).

Em 1978, uma modalidade de cosseguro público-privado pecuário foi implementada pelo sistema de seguro do governo e pela corporação de serviço de gestão de gado nas Filipinas. Já na Ucrânia, o número de empresas concorrentes ao cosseguro de culturas, que ofertam os seguros agrícola e pecuário, tem crescido desde a década de 2000 (Mahul & Stutley, 2010).

Na década de 1990, com o desmembramento da União Soviética, muitas das seguradoras agrícolas, que detinham o monopólio estatal, foram privatizadas na Europa Oriental, e os mercados foram abertos à concorrência de novas empresas privadas que forneceram apólices de seguro agrícola e pecuário (Mahul & Stutley, 2010).

De 2000 a 2002, condições severas de inverno ocasionaram *dzuds* – tempestades de inverno de início súbito com temperaturas extremamente baixas e que podem levar à formação de gelo, impedindo assim o crescimento da forragem – na Mongólia. Esses eventos ocorreram concomitantemente com o aumento do número de pecuaristas, o que ocasionou elevação da demanda por recursos naturais. Além disso, na mesma época, os sistemas de mitigação de risco, apoiados pelo Estado, estavam falindo por causa da quantidade de sinistros requisitados. Cerca de 11 milhões de animais morreram no período, fazendo com que muitas famílias caíssem na faixa de pobreza aguda (Hellmuth et al., 2009).

Em resposta a essas perdas catastróficas, o Banco Mundial iniciou, em 2006, o programa-piloto de seguro pecuário baseado em índices.

O projeto previa dois produtos: o Seguro Base Produto (BIP) e o Produto de Resposta a Desastres (DRP), projetados para compensar os pastores em caso de perdas de animais. O BIP era acionado quando as taxas de mortalidade, somadas, excedessem 6%. Para perdas superiores a 30%, era utilizado o DRP, e elas deveriam ser pagas com um empréstimo contingente do Banco Mundial (Hellmuth et al., 2009).

Em 2010, o Instituto Internacional de Pesquisa Pecuária, apoiado pelo Financial Sector Deepening Kenya (FSD), pelo Department for International Development (DfID), pelo United States Agency for International Development (Usaid) e pelo Banco Mundial, iniciou um projeto-piloto de seguro pecuário baseado em índice, no distrito de Marsabit, no norte do Quênia.

Esse projeto foi o primeiro que levou em consideração o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), que é um índice de vegetação disponível para o consumo do gado, medido com base no sensoriamento remoto de satélites. A finalidade desse indicador é amenizar grandes perdas de gado durante secas severas e melhorar o monitoramento de mortes de animais, especialmente porque a maioria dos pastores movia-se entre as regiões para se adaptar à variabilidade espaço-temporal da forragem e da água (Miranda & Farrin, 2012).

Riscos e seguro pecuário no mundo

Khan et al. (2013) apontaram o seguro pecuário como inovação no setor pecuário, principalmente em países em desenvolvimento, como Argentina, Chile e Índia. Como a Índia é um grande produtor de gado e não possuía mecanismo institucional de proteção aos animais bem desenvolvido contra riscos, os autores buscaram compreender os determinantes da disposição dos pecuaristas indianos em pagar pelo seguro pecuário e a percepção que esses produtores têm do serviço.

Os pesquisadores aplicaram uma entrevista semiestruturada a 120 pecuaristas de gado leiteiro, na região de Gorakhpur, Uttar Pradesh (UP),

para entender suas características socioeconômicas. O problema de decisão foi analisado segundo o modelo de regressão binária discreta logit, separando os criadores de animais em dois grupos: os que estavam dispostos a pagar pelo seguro; e os que não estavam dispostos (Khan et al., 2013).

Entre as razões mais citadas pelo grupo que não se dispôs a pagar estão estas: i) o seguro não é necessário; ii) o dinheiro não é suficiente; e iii) o custo do programa é muito alto. Além disso, o modelo estatístico proposto identificou que os coeficientes para o nível de educação do fazendeiro, o tamanho da propriedade e a experiência do produtor foram estatisticamente significativos, apontando que o aumento dessas variáveis eleva a disposição a pagar pelo seguro pecuário (Khan et al., 2013).

Conforme Boyd et al. (2013), umas das razões para o lento desenvolvimento do seguro pecuário é a alta prevalência de assimetrias de informação, *ex post* (risco moral) e *ex ante* (seleção adversa), nesse tipo de serviço, o que resulta em prêmios elevados. Os autores fizeram um estudo para identificar as vantagens e desvantagens do seguro pecuário e seus desafios, além de descrever suas principais diferenças em relação ao seguro rural.

Em primeiro lugar, os pesquisadores argumentaram que a atividade pecuária geralmente envolve mais de um estágio de produção, de acordo com a idade do animal. Os produtores podem ser especializados em apenas um estágio ou trabalhar com todas as etapas (cria, cria e engorda). Desse modo, companhias de seguro precisam ter diferentes contratos para cada estágio. Além disso, as perdas podem ser consequentes, isto é, as perdas em uma etapa podem levar a perdas nas demais (Boyd et al., 2013).

Outro ponto levantado pelos autores é o fato de que a pecuária está sujeita a epidemias, que podem ultrapassar as fronteiras de um país, gerando assim eventos adversos de grandes proporções. Além disso, há um risco moral nesse tipo de produção, pois os produtores podem

reduzir os cuidados com os animais segurados, com a finalidade de receber a indenização. Ressalta-se ainda que a pecuária geralmente é conduzida dentro de ambientes fechados, como granjas e confinamentos, o que torna o manejo inadequado e a má gestão menos transparente.

Por esses motivos, a mortalidade animal é vista, muitas vezes, como um descaso do produtor, enquanto na agricultura as perdas são atreladas a eventos naturais, fora do controle do administrador da fazenda. Boyd et al. (2013) argumentam que a causa da morte do animal é de difícil identificação em alguns casos, sendo complicado determinar se ele estava coberto pelo seguro. Portanto, o seguro pecuário envolve um componente de gestão de saúde de cada animal segurado.

Uma possibilidade para reduzir o risco moral são os seguros dedutíveis ou por franquia, nos quais o montante pago no caso de sinistro será igual ao valor do prejuízo deduzido da franquia, pois, nesses casos, o produtor será indenizado apenas se determinado número de animais mortos for verificado, o que implicaria a necessidade de descaso com um número maior de animais, sendo mais fácil para as seguradoras, portanto, detectar possíveis fraudes (Boyd et al., 2013).

Takahashi et al. (2016) avaliaram os padrões de compra de seguro pecuário com base em índices no sul da Etiópia, com foco na compreensão do papel desse instrumento financeiro e nos custos por parte dos indivíduos. Observaram o impacto e a importância para a redução de perdas econômicas do seguro pecuário com base na distribuição aleatória de informações sobre essa ferramenta de gestão entre as famílias participantes do estudo. Esses indivíduos compreenderam melhor a importância da ferramenta, bem como receberam descontos na adoção do seguro, o que promoveu efeitos positivos com relação à aceitação do seguro pecuário.

Takahashi et al. (2020) prosseguiram seus estudos sobre o seguro pecuário de índices no sul da Etiópia e examinaram a dinâmica da demanda dos pecuaristas por esse produto, com

base num conjunto de dados único para quatro anos. Os resultados da pesquisa foram: i) há uma dependência intertemporal da decisão de adoção; ii) os fatores relacionados à continuidade do contrato de seguro, condicionado a decisões passadas, exibiram diferenças significativas; iii) subsídios não influenciam a demanda subsequente, mas a redução da vegetação e dos prêmios de seguro induzem os produtores a comprarem o seguro pecuário.

Também no sul da Etiópia, Amare et al. (2019) desenvolveram um estudo sobre a propensão das famílias em adquirir o seguro pecuário e concluíram que o acesso à informação, ocasionado pela participação em organizações sociais, aumentou a propensão.

Já Gebrekidan et al. (2019) buscaram compreender o efeito do seguro pecuário sobre o comportamento dos produtores dessa região. O modelo de efeito fixo, elaborado pelos autores, mostrou que as famílias se tornavam menos propensas à venda de seu rebanho, diante de um evento climático adverso, quando adotavam o seguro.

Jensen et al. (2018) procuraram identificar os motivos das baixas taxas de aceitação do seguro de índice no Quênia. Para eles, uma das razões estaria atrelada ao risco de base, que pode ser definido como o risco residual enfrentado por um segurado, ponto pouco explorado em estudos sobre os determinantes da demanda do seguro em questão. Outro fator apontado foi a seleção adversa, que é presumida como ausente em produtos de índices. Assim, constataram que o risco de base e a seleção adversa espaço-temporal são variáveis determinantes da demanda por seguro pecuário de índice.

Oduniyi et al. (2020) investigaram a disposição de o produtor pagar pelo seguro pecuário de índice e seus determinantes no noroeste da África do Sul. Com dados de 277 pecuaristas, identificaram que apenas 10,8% deles estavam dispostos a adquirir o seguro. Além disso, usando um modelo de seleção de amostra de Heckit, concluíram que as variáveis experiência do criador, idade, educa-

ção, estado civil, conhecimento do seguro e tamanho da família impactam diretamente o preço máximo aceito pelos pecuaristas.

Valvekar et al. (2010) elaboraram uma estratégia de incorporação do programa de seguro de margem bruta pecuária, nos EUA, para gerenciar a variabilidade da renda líquida dos produtores de leite. Para isso, consideraram um produtor neutro ao risco e utilizaram uma fazenda representativa. Os dados indicaram que o contrato de menor custo foi o de prêmio no valor de US\$ 1,22/mg de leite produzido, com cobertura de 52% da produção mensal variável, para o período de setembro de 2009 a junho de 2010.

Valvekar et al. (2011) estudaram o papel da aversão ao risco e dos subsídios aos prêmios do programa de seguro de margem bruta para pecuária de gado leiteiro nos EUA. Esse programa pode ser usado para reduzir a variabilidade da renda do pecuarista, já que estabelece um piso (valor mínimo) à renda líquida de custos de alimentação dos animais. De acordo com os autores, essa modalidade era uma novidade no país em 2010 quando comparada com outros instrumentos de gestão de risco, como os contratos futuros com as empresas processadoras de laticínios.

A metodologia adotada foi o modelo de utilidade⁸ esperada, para avaliar a exposição ao risco e os efeitos do subsídio nas contratações das apólices. Foi ajustado um modelo envolvendo um problema de maximização da utilidade esperada dos retornos líquidos do uso do seguro de margem. Verificou-se que as coberturas encontradas como solução ótima do problema de maximização cresceram conforme o aumento da aversão ao risco e das franquias⁹. Além disso, os resultados apontaram que, para franquias mais altas, as coberturas ideais se tornaram constantes e eram menos impactadas pela aversão ao risco. Por fim, identificou-se que o subsídio de prêmio aumentou substancialmente as coberturas óti-

mas sob o mesmo nível de franquia e aversão ao risco (Valvekar et al., 2011).

Segundo Merritt et al. (2017), muitos pesquisadores têm investigado a eficácia dos instrumentos de gestão de riscos com a finalidade de ajudar os produtores em suas decisões sobre que mecanismo de mitigação de risco usar e, mesmo assim, os autores notaram relutância dos pecuaristas em adotar essas ferramentas de gestão. No entanto, recentemente, por causa do aumento da volatilidade dos preços do boi gordo, a demanda por esses instrumentos cresceu. Além disso, de acordo com Merritt et al. (2017), os pecuaristas podem se sentir mais confortáveis com um seguro do que com um mecanismo de proteção contra flutuações nos preços de seus produtos, como os derivativos, pois o seguro é uma ferramenta amplamente utilizada pelo público em geral.

O objetivo do trabalho de Merritt et al. (2017) foi identificar a duração e o nível de cobertura ótimos para um produtor que deseja usar o seguro de faturamento (Livestock Risk Protection) em determinado mês de comercialização. Tendo em vista que os produtores não sabem antecipadamente a data de venda do animal, e por isso eles escolhem as apólices de seguro com duração que acaba próximo do mês de comercialização, os pesquisadores desenvolveram uma equação do orçamento parcial aproximado, para que fosse possível estimar o preço recebido pelos criadores de gado. Além disso, os autores elaboraram uma equação para o cálculo do valor da indenização recebida (Merritt et al., 2017).

Com essas funções, estimaram um modelo proibit para cada mês, usando os dados da Risk Management Agency (RMA – USDA), para encontrarem o nível e a duração de cobertura com maior probabilidade de ocorrência de indenização. Os resultados das estimativas para cada mês mostraram que não há duração ou nível de cobertura consistentes para os pecuaristas usarem, dificultando assim a tomada de decisão na

⁸ A utilidade é uma medida de satisfação do consumidor quando ele usufrui de determinado bem ou serviço; neste caso, refere-se ao seguro (Besanko & Braeutigam, 2014).

⁹ Parcela da margem bruta não segurada pelo produtor (Estados Unidos, 2022).

hora de escolher a apólice ideal. Tal fato poderia explicar a alta relutância dos produtores norte-americanos em adotar os seguros de faturamento como mecanismo de gerenciamento de risco de preço (Merritt et al., 2017).

Biglari et al. (2019) realizaram um estudo no Irã que avalia o seguro pecuário como mecanismo de resiliência domiciliar em decorrência de mudanças climáticas extremas. Segundo os autores, o seguro pecuário pode ser promissor em eventos como seca, ondas de calor e irregularidade das chuvas, mas poucos estudos foram aplicados de forma prática nesse contexto.

Dessa forma, com uma amostra de 250 famílias produtoras de gado, da região de Kermanshah, estimou-se a resiliência dos pecuaristas em continuarem suas atividades diante das mudanças climáticas. Além disso, essas famílias foram estratificadas quanto ao nível de resiliência e avaliou-se a influência do seguro pecuário dentro de cada estrato de adaptação.

Os dados foram coletados via questionário estruturado, aplicado pessoalmente a cada produtor, o que permitiu dividir as famílias em grupos de baixa, média e alta resiliência. Em relação à adoção do seguro pecuário, percebeu-se que as famílias com alto grau de resiliência tinham o maior número de animais segurados e maior percepção da importância de adotar o seguro mediante os riscos climáticos (Biglari et al., 2019).

Pai et al. (2015) desenvolveram um estudo para aprimorar as estimativas para o prêmio do seguro de mortalidade animal no Canadá, via abordagem de credibilidade. Essa teoria permite que seguradoras ajustem o prêmio futuro com base em experiências de risco. Os autores usaram um modelo estatístico bayesiano com funções *a priori* bem definidas, tendo em vista dados de mortalidade norte-americanos, para acomodar uma estrutura de seguro contra catástrofes.

Incorporou-se no modelo uma doença relatável à Canadian Food Inspection Agency (CFIA), já que, nesses casos, o seguro de mortalidade pagaria ao produtor indenizações referentes à parcela da perda ocasionada por tal

efemeridade, não cobertas pelo órgão. Com isso, testou-se o modelo de cálculo do prêmio, numa amostra de 13 produtores canadenses de suínos, identificando-se que houve seleção adversa no processo, isto é, pecuaristas de baixo risco foram sobretaxados, enquanto os de alto risco foram subtaxados (Pai et al., 2015).

Já Pai & Ravishanker (2020) elaboraram um modelo geral para calcular os prêmios de seguro com cobertura para diversos riscos (multiriscos) de mortalidade de animal para o Canadá, projetado para cobrir todas as etapas da produção pecuária e pode ser aplicado a suínos, bovinos e aves. De forma ilustrativa, calcularam os prêmios de seguro para suínos no terceiro estágio de produção, com dados de mortalidade e consideraram uma doença relatável à CFIA não vista nos dados. Assim, introduziram um processo de choque fatal (modelagem para mortalidade animal), de modo a incorporar essa efemeridade e, com isso, identificaram que o modelo foi eficaz para estimar os prêmios de seguro em um contexto de choque fatal comum.

Para Sun & Tan (2019), o seguro pecuário deve considerar não apenas os riscos atrelados ao preço dos animais, mas também deve levar em conta o custo de insumos, fornecendo uma proteção contra a margem bruta do produtor, como ocorre no Livestock Gross Margin (LGM), disponível nos EUA.

No entanto, esse modelo norte-americano de seguro exige um mercado futuro bem desenvolvido, tanto para o preço dos animais quanto para o custo dos insumos (soja e milho, principalmente), o que é difícil de ser encontrado em países em desenvolvimento, como China, Índia e Brasil. Desse modo, os autores buscaram uma proposta de seguro de margem usando uma variável representativa (*proxy*) para os preços futuros ausentes por meio dos preços à vista, estimada por um modelo Arima (Sun & Tan, 2019). Esse modelo desenvolvido pode ser aplicado em qualquer país com mercado futuro em desenvolvimento, desde que esteja enfrentando problemas semelhantes ao chinês, pois trata-se de uma generalização do LGM.

Liu et al. (2021) analisaram fatores que impactam a demanda pelo seguro pecuário na China. Sendo a baixa procura pelo seguro pecuário um motivo de análise tanto do setor acadêmico quanto do governo, os determinantes da demanda são fatores indispensáveis para o conhecimento e a expansão do mercado. A maior dificuldade dos estudos sobre o seguro é a falta de variação nas principais características dos produtos (prêmio e indenização), causada pela implementação da apólice pelo governo chinês, que cobre uma pequena parte dos pastores de gado.

Assim, elaborou-se um experimento de escolha baseado nos atributos do produto, para estimar as preferências pelos diversos contratos de seguro. O resultado foi que a demanda chinesa por seguro pecuário aumenta quando o prêmio diminui ou a indenização cresce. A idade, o status do *hukou* (identidade chinesa) e a posse de telefone são fatores que aumentam a demanda. As características demográficas, como ser do sexo feminino, casada e saber ler ou escrever, também influenciaram positivamente a disponibilidade a pagar por uma das opções de seguro (Liu et al., 2021).

Yang et al. (2022) investigaram a disposição das seguradoras em ofertar o seguro pecuário, por meio de experimentos de escolha discreta com agentes que operam nesse mercado. Os autores constataram que o efeito do subsídio é extremamente alto, tanto na quantidade demandada quanto na ofertada. Além disso, perceberam que as empresas preferem vender, primeiramente, o seguro de mortalidade, seguido do seguro receita e, por último, o seguro de índice.

Ikikat Tümer & Birinci (2021) estimaram a demanda por seguro pecuário de produtores rurais na região de TRA1 NUTS II, na Turquia, com base em um questionário aplicado a 122 fazendas, por meio de um modelo binomial logit. Os resultados mostraram que o aumento dos ganhos decorrentes da produção agrícola reduz o número de animais segurados. Já o aumento do orçamento destinado à agricultura ou da pro-

habilidade de doença animal eleva o número de animais segurados. Por fim, o aumento do prêmio pago pelo produtor exerceu efeito negativo no número de animais segurados.

Hayran et al. (2021) investigaram a percepção dos criadores de gado de corte da província de Erzurum, na Turquia, sobre o risco e as estratégias de gerenciamento de riscos. Usaram uma combinação de três técnicas estatísticas – estatística descritiva, análise fatorial e análise de regressão múltipla – e identificaram que as fontes de risco percebidas como mais importantes pelos pecuaristas foram: i) variabilidade do preço da forragem; ii) renda agrícola insuficiente; iii) incerteza de políticas governamentais; e (iv) falta de dinheiro. Já as estratégias de gestão de riscos percebidas como mais importantes foram: i) limpeza do confinamento e curral; ii) renda fora da fazenda; iii) monitoramento dos animais; iv) prevenção de doenças; e v) diversificação agrícola. Nesse contexto, os autores recomendaram uma política governamental focada na prevenção de oscilações dos preços dos insumos e produtos.

Na Holanda, variações de preços de insumos e produtos são os principais motivos da flutuação dos ganhos da produção pecuária. Van Asseldonk & Meuwissen (2017) estudaram os impactos do uso de seguro de margem para vacas leiteiras e para a produção de suínos de corte no país e, para isso, diferenciaram o seguro de margem em dois modelos: modelo A, que cobre a diferença entre os preços de vendas e dos insumos; e modelo B, no qual a cobertura do seguro é dada pela diferença entre receitas e custos. No primeiro caso, a produção e a quantidade de insumos se mantêm fixas; no segundo, apenas a quantidade de insumos é fixa (van Asseldonk & Meuwissen, 2017).

Tendo em vista essa diferenciação, os autores optaram por uma análise quantitativa usando o modelo A, com dados em painel de uma amostra de produtores holandeses disponíveis no banco de dados da Wageningen Economic Research, denominada Farm Accountancy Data Network (FADN). Assim, estimaram a volatilidade da margem bruta e o potencial de impacto

do seguro de margem, tanto para produtores de leite quanto para pecuaristas de suínos de corte (van Asseldonk & Meuwissen, 2017).

Os resultados mostraram uma heterogeneidade substancial entre as propriedades em termos de margem bruta e sua volatilidade. Essas diferenças ocorrem não apenas pelos preços recebidos e pagos, mas também pelas divergências de resultado técnico, os quais são determinantes para a eficiência da produção. Mais especificamente, fazendas menores apresentaram volatilidade estatisticamente maior no caso de engorda de suíno. No entanto, o efeito do tamanho da fazenda não exerceu impacto no setor de laticínios (van Asseldonk & Meuwissen, 2017).

Outro ponto ressaltado pelos autores é que o impacto na volatilidade da margem bruta de um seguro de margem depende do nível de cobertura. Nas simulações feitas, eles identificaram que um nível de cobertura de € 0,25 por quilograma de leite reduziria a volatilidade do setor de laticínios em 17%. Já para o setor de suínos de corte, uma cobertura de € 50,00 por animal reduziria a volatilidade do setor em 30% (van Asseldonk & Meuwissen, 2017).

Gestão de risco no Brasil

No Brasil, há artigos que estudam aspectos do risco de preço no setor pecuário, mas não foi encontrada literatura nacional que tratasse especificamente de seguro pecuário. Em relação ao risco de preço, nota-se que os preços da arroba pagos aos pecuaristas brasileiros sofrem grandes variações, que decorrem de interesses conflituosos na comercialização entre indústria e produtor (Carrer et al., 2013).

Uma forma de mitigar o risco das oscilações de preços de animais para abate no Brasil é o contrato a termo, no qual o produtor se compromete a entregar parte predeterminada da commodity¹⁰ à agroindústria, em certa data, por

um preço estabelecido no momento do acordo e cuja negociação ocorre em mercado de balcão¹¹. Nesse tipo de acordo, os preços são fixados entre produtor e frigorífico, podendo ser definidos no momento do acordo ou na ocasião do abate (Carvalho & De Zen, 2017).

O valor do contrato a termo varia entre o tempo em que o contrato é definido e o tempo de vencimento e, dessa forma, o investidor pode ganhar ou perder entre o preço à vista e o preço acordado (Pontes & Maia, 2017). Como vantagem desse contrato, com o preço fixado o produtor não fica exposto aos ajustes diários de preço, e os custos do processo ficam a cargo do frigorífico (Carvalho & De Zen, 2017).

Um instrumento semelhante é o contrato futuro, que também estabelece um acordo de compra ou venda de um bem a um preço predefinido para ser concretizado em data futura, negociado em bolsa de valores (Carrer et al., 2013). Nesse caso, os acordos firmados são ajustados conforme as variações diárias de preço futuro (apura perdas e ganhos). Os participantes podem entrar e sair do mercado a qualquer momento (Carvalho & De Zen, 2017).

Um ponto importante é a padronização do contrato futuro, o que possibilita reverter a posição em qualquer momento. Nesse caso, o produtor encerra sua posição antes do vencimento do contrato, adquirindo, assim, a proteção contra as variações de preços não desejadas (Carrer et al., 2013). A ferramenta de mercado futuro possui forte adesão em mercados globais, já que garante o controle de riscos e o retorno de preços a cada agente de mercado.

Nesse contexto, a adoção de mecanismos de gestão de risco nos preços do boi gordo é de suma importância para que os criadores se protejam de oscilações das cotações. Carrer et al. (2013) buscaram encontrar os determinantes da adoção de mecanismos de gestão de risco por pecuaristas do Estado de São Paulo.

¹⁰ Produto com características homogêneas, de baixo valor agregado, produzido em larga escala por diversos produtores e comercializado mundialmente, cuja oferta e demanda são inelásticas no curto prazo e cujos preços são dados pelo mercado (Martins & Martinelli, 2010).

¹¹ Mercado de negociações de ativos e operações sem registro na bolsa de valores (acordo entre as partes) (Carrara, 2013).

Carrer et al. (2013) encontraram também, em estudos anteriores, dois grupos de variáveis que explicam o uso de instrumentos de gestão de risco de preço. O primeiro grupo leva em consideração as características do produtor, como escolaridade, experiência, idade e ser membro de associação ou cooperativa. O segundo enfatiza as características da propriedade e do negócio, entre elas o tamanho da propriedade, a diversificação e a existência de seguro rural.

Com base nessas informações, desenvolveram uma pesquisa com 86 pecuaristas de corte, no Estado de São Paulo, que possuíam 189 propriedades rurais no estado, de janeiro a setembro de 2011. Procurou-se uma amostra bastante heterogênea, de modo a representar os diversos sistemas de produção e comercialização (Carrer et al., 2013).

O modelo empregado para analisar os fatores determinantes da adoção de gestão de risco de variação de preço foi o logit, com oito variáveis de características do produtor e seu negócio: idade, escolaridade, renda em outra atividade não rural, grau de informação sobre o mercado, inserção em redes políticas, receita com a venda de bovinos para abate, grau de alavancagem do negócio e grau de intensidade em tecnologia no sistema de produção. Três se mostraram significativas: receita, intensidade tecnológica e grau de alavancagem.

Pelos dados da pesquisa, identificou-se que 36% dos entrevistados tinham adotado algum mecanismo de gestão de risco. Além disso, constatou-se que, quanto maior a escala de produção e, conseqüentemente, a receita do produtor, maior era a probabilidade de uso de algum instrumento de proteção. O grau tecnológico também exibiu relação positiva com a propensão de uso desses mecanismos. Já a alavancagem tecnológica tem um efeito negativo, isto é, quanto maior essa variável, menor é a probabilidade de adoção de contratos a termo e/ou futuros. Para os autores, esse fato pode ser explicado pela baixa propensão do produtor ao risco financeiro (Carrer et al., 2013).

Segundo Dill et al. (2015), os pecuaristas possuem pouco poder de barganha com a indústria frigorífica, e seus rendimentos são fortemente influenciados pelos preços recebidos por eles da cadeia mais próximos do consumidor, como açougues e supermercados. Além disso, é afirmado que muitos produtores não adotam práticas de gestão financeira e econômica nas fazendas, o que pode impactar a rentabilidade e aumentar os riscos de produção. Por essa razão, os autores buscaram encontrar os principais fatores que elevam a probabilidade de adoção de práticas de gestão pelos criadores de animais no Rio Grande do Sul.

Fizeram entrevistas com 73 pecuaristas, produtores das raças Hereford e Braford, de novembro de 2012 a janeiro de 2013, que representavam cerca de 41% do rebanho bovino da região. Elaboraram um modelo probit para identificar o impacto de determinadas variáveis na probabilidade de adoção de técnicas de gestão: idade, educação, acesso à internet, membros de associações, uso de crédito agrícola, mão de obra contratada, participação em oportunidades educacionais, assistência técnica, diversificação da produção, tamanho da fazenda, número de vacas, sistema de produção e taxa de desmame (Dill et al., 2015).

Os pesquisadores concluíram que pecuaristas com acesso à internet, com altas taxas de desmame, participantes de associações, que recebem assistência técnica e possuem ciclo completo de produção (do nascimento ao abate) estão mais dispostos a empregar práticas de gestão econômica. Para a diversificação e o tamanho da fazenda, o efeito é contrário. Por fim, idade e educação não foram relevantes para a decisão do produtor (Dill et al., 2015).

As políticas governamentais também podem ser consideradas medidas de proteção de risco. Um exemplo é o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), destinado a isentar o produtor rural de obrigações financeiras relativas a operações de crédito rural, quando ele tiver dificuldade em arcar com suas obrigações em decorrência de fenômenos natu-

rais, pragas e doenças que atinjam rebanhos e plantações (Schwantes, 2017).

Além disso, o Proagro indeniza o produtor pelos dispêndios com custeio rural ocasionados pelos eventos supracitados.

Também há o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária Familiar (Proagro Mais), semelhante ao Proagro, mas cujo principal beneficiário é o agricultor familiar. Além disso, esse programa garante renda mínima ao produtor (Schwantes, 2017).

Seguro pecuário no Brasil

O mercado de seguro pecuário no Brasil e seu funcionamento

Segundo o Atlas do Seguro Rural, órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2022), há no País quatro empresas que oferecem esse serviço: Mapfre, Brasilseg, Swiss Re e Fairfax.

Mapfre

Com 35,8% dos beneficiários, a Mapfre oferece serviços voltados para a bovinocultura de corte, cobrindo a vida de animais destinados ao consumo, cria, recria, engorda e terminação em confinamento. A morte do animal é segura nos seguintes casos: doenças de caráter não epidêmico, acidente, incêndio, raio, insolação e eletrocussão, envenenamento, intoxicação e ingestão de corpo estranho (desde que de forma acidental), asfixia por sufocamento ou submersão, luta, ataque ou mordedura de animais, parto, aborto ou inoculações vacinais e outras medidas de ordem preventiva necessárias à salvaguarda do animal (Mapfre, 2022).

Conforme o contrato da própria seguradora, a indenização será devida ao segurado só quando o valor da franquia estipulado na apólice for ultrapassado pelo número de animais mortos ou desvalorizado por eventos cobertos.

Os prejuízos são calculados de acordo com o que segue:

- Caso a franquia esteja estabelecida em número de animais, os prejuízos são calculados por

$$\text{Prejuízo} = (AM - FD) \times VA \quad (1)$$

em que AM é o número de animais mortos em unidades, FD é o valor da franquia dedutível em unidades, e VA é o valor de cada animal morto, em valor estipulado na apólice.

- Caso o valor da franquia esteja definida em reais, os prejuízos de cada sinistro serão calculados por

$$\text{Prejuízo} = (AM \times VA) - FD \quad (2)$$

Calculado o prejuízo, a empresa consegue definir a chamada Participação Obrigatória do Segurado (POS) de cada sinistro,

$$POS = \%POS \times \text{Prejuízo} \quad (3)$$

sendo a porcentagem da POS ($\%POS$) um valor numérico definido previamente em apólice. Por fim, é possível calcular o valor da indenização por

$$\text{Indenização} = \text{Prejuízo} - POS \quad (4)$$

Além disso, os benefícios oferecidos pela seguradora são relacionados com a taxaço de acordo com a finalidade comercial do animal, os custos de vistoria pagos por ela, a facilidade de contratação, a regulação rápida dos sinistros e a garantia de recuperação parcial do valor investido em caso de eventos indesejáveis (Mapfre, 2022).

Brasilseg

A seguradora Brasilseg, com 28,78% dos beneficiários, possui coberturas para faturamento pecuário, recuperação de pastagem e suplementação alimentar. Conforme o site da empresa, o seguro pecuário de faturamento garante indenizações no caso de morte do animal ou queda do valor da arroba. Ou seja, sempre

que o faturamento for menor que aquele segurado, em decorrência dos fatores supracitados, haverá indenização. (BB Seguros, 2022).

Para o cálculo da indenização do seguro de faturamento, são necessários o Faturamento Esperado, o Faturamento Garantido e o Faturamento Obtido. O primeiro é dado por

$$\text{Faturamento Esperado} = NA \times PB \times D \times PA \quad (5)$$

em que *NA* é o número de animais segurados, *PB* é o preço-base do produto (reais por arroba), *D* é o deságio, e *PC* é o peso da categoria animal (arrobas). Cabe destacar que o preço-base é definido pela seguradora no momento de contratação e poderá ser reduzido por um percentual predefinido no contrato (deságio). Com o valor do faturamento esperado, calcula-se o faturamento garantido:

$$\text{Faturamento Garantido} = \text{Faturamento Esperado} \times \text{Nível de Cobertura} \quad (6)$$

Por fim, o *Faturamento Obtido* é calculado pela multiplicação do número de animais vivos (*NV*) pelo preço de comercialização (*PC*) do produto (reais por arroba), pelo deságio (*D*) e pelo peso da categoria animal (*PA*), expresso em arroba e fixado na apólice,

$$\text{Faturamento Obtido} = NV \times PC \times D \times PA \quad (7)$$

O preço de comercialização pode ser calculado pela média dos últimos 15 preços de ajuste diários (dias úteis) do Indicador de Preço Disponível, Esalq/BM&FBOVESPA, ou outro expressamente discriminado, anteriores à data de execução do seguro, expressamente determinada na apólice. O deságio refere-se a um percentual de depreciação do preço de comercialização para a adequação do preço ao praticado pelo mercado local do risco segurado.

Com esses valores, a indenização será a diferença

$$\text{Indenização} = \text{Faturamento Garantido} - \text{Faturamento Obtido} \quad (8)$$

Quando houver deterioração da pastagem, inviabilizando a nutrição do rebanho por causa de secas ou incêndios, a companhia efetuará o pagamento proporcional à área afetada, desde que ela esteja segurada e localizada na propriedade. Caso a pastagem não esteja disponível para a alimentação dos animais, a cobertura de recuperação de pastagem garante indenização para a compra de suplementação alimentar (BB Seguros, 2022).

Swiss Re

A empresa Swiss Re possui três modalidades de seguro de mortalidade para animais. A primeira é o seguro individual para equinos, asininos e muares destinados à atividade esportiva ou reprodutiva. Nessa modalidade, são oferecidas coberturas para todas as modalidades equestres (exceto animais utilizados em provas de rodeio e romaria) e por mortes causadas por acidentes, cólica, fraturas, parto, acidentes durante transporte, doenças (exceto anemia infecciosa equina e mormo), ataque de animais, laminite, picada de cobras, intoxicação e raios, entre outros (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022).

A segunda modalidade é o seguro pecuário individual para bovinos, bubalinos, caprinos, ovinos e suínos ligados à atividade produtiva ou reprodutiva e que estejam registrados em associação de raça, sendo cobertas as mortes por acidentes, parto, raio, picada de cobra, doenças, intoxicação, ataque ou briga de animais, entre outros (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022).

Para as duas modalidades supracitadas, são oferecidas também coberturas adicionais, como o seguro reembolso de despesas com hospital veterinário e necropsia, seguro de fertilidade para machos, seguro prenhez e seguro de produto ao pé para animais com até seis meses de idade (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022).

E, por fim, o seguro pecuário para rebanhos ligados à atividade produtiva de carne, leite e lã, que exige o número mínimo de dez animais

no caso de bovinos, bubalinos, ovinos e caprinos, e 100 animais no de suínos, inseridos em diferentes sistemas de criação, sejam modelos a pasto, granjas, semiconfinamentos, confinamentos e todos os sistemas de criação para produção de leite. Tal seguro oferece cobertura em caso de morte por, por exemplo, acidentes, doenças de grande mortalidade de rebanho (como brucelose e tristeza parasitária bovina), intoxicação e raio (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022).

Para os eventos ocorridos nessa modalidade, uma franquia é aplicada e calculada com base no número de animais segurados e no modelo de criação (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022). Para confinamentos de gado de corte, são oferecidos produtos para ciclos completos e produção anual, além de coberturas adicionais para o transporte de animais.

Fairfax

Com 6,87% das apólices, a Fairfax oferece seguro desenvolvido para atender produtores de bovinos destinados para consumo, produção, cria, recria, engorda, trabalho por tração ou reprodução por monta natural, coleta de sêmen ou transferência de embriões, exclusivamente com a finalidade de incremento ou melhoria de plantéis de produção – seguro individual ou para o rebanho. A Tabela 1 mostra um resumo dos produtos oferecidos pelas quatro seguradoras (Brasil, 2022).

Dados econômicos referentes ao seguro pecuário

Em relação aos dados econômicos acumulados de 2006 a 2022 (Tabela 2), foram contratadas 12.541 apólices no total, sendo o valor segurado de R\$ 45.382.381.890,00, a soma do prêmio do seguro de R\$ 86.053.928 e a taxa média de prêmio de 3,17%. Ressalta-se que de 2020 e 2021 houve aumento de, aproximadamente, 113% do número de produtores que adotaram esse instrumento de mitigação de risco. O crescimento foi ainda mais significativo quando analisado o total do valor segurado, que experimentou acréscimo de 194,86% (Brasil, 2022).

Destaca-se também que o número de produtores segurados em 2021 foi de 2.996, o que representa uma pequena parcela dos criadores de animais. Segundo dados do Censo Agropecuário de 2017, havia, apenas para galináceos, 2.862.495 estabelecimentos no País (Brasil, 2022; IBGE, 2022).

Quanto à distribuição do seguro pecuário no território nacional e ao efetivo do rebanho animal, as Tabelas 3 e 4 mostram que o Sul é a região com o maior número de beneficiários ao longo dos anos e a que possui o maior rebanho de suínos e galináceos do País. Em relação ao número de apólices, o Sudeste ultrapassa o Sul. O Centro-Oeste é a região que exibe o maior valor segurado e detém o maior rebanho de bovinos e equinos. Já os prêmios de seguro e o valor da subvenção estão concentrados no Centro-Sul, com o Sudeste na primeira posição, e a maior taxa média ocorre no Sul.

Por fim, em 2021 o percentual de subvenção ao prêmio do seguro rural para o setor pecuário foi de 40% por CPF ou CNPJ, e o limite anual foi de R\$ 24 mil. Além disso, dos produtores que acessaram o programa pela primeira vez, 5,7% são criadores de animais, valor ínfimo quando comparado aos 48,5% referentes aos produtores de soja (Brasil, 2022).

Outro ponto a ser destacado é que a subvenção ao prêmio do seguro pecuário correspondeu a 1% do orçamento destinado ao programa em 2021, totalizando R\$ 12,1 milhões, valor bem abaixo do que foi disponibilizado para soja e milho 2ª safra (R\$ 484,82 milhões e R\$ 329,68 milhões, respectivamente) (Brasil, 2022). Nota-se, assim, que há uma grande concentração da política pública para os grãos, especialmente a soja.

Minas Gerais, Goiás e São Paulo, nessa ordem, são os estados que registraram as maiores participações na subvenção ao prêmio do seguro pecuário em 2021. Além disso, a taxa de prêmio comercial média (taxa cobrada pelas seguradoras) para 2021 foi de 2,15%, enquanto a taxa efetiva média ao produtor (taxa paga pelo produtor, dada a subvenção) foi de 1,31% (Brasil, 2022).

Tabela 1. Resumo dos seguros pecuários ofertados no Brasil, por seguradora.

Seguradora	Cultura	Cobertura básica	Coberturas adicionais	Franquia	Limite máximo de indenização	Indenização
Brasileg	Bovinos e bubalinos	Morte dos animais, inclusive no transporte e redução do preço da arroba do produto	Pastagem e suplementação		Faturamento garantido	Faturamento garantido – faturamento obtido
Mapfre	Bovinos, bubalinos, caprinos, ovinos, asininos, muares, suínos e aves	Morte dos animais	Premunição para bovinos e bubalinos (Babesiose e Anaplasmosose)	Franquia e POS: 0 a 15%		Prejuízo – POS
Swiss Re	Equinos, asininos e muares	Morte dos animais, inclusive no caso de acidente no transporte	Função, fertilidade, prenhez e produto ao pé	POS: 10% regiões N e NE, 10% acima de R\$ 100 mil	R\$ 400 mil	LMI – POS
	Individual: bovinos, bubalinos, caprinos, ovinos, suínos	Morte dos animais	Transporte, fertilidade de machos, prenhez, produto ao pé, lesões penianas, premunição em alguns casos	POS: 10% regiões N e NE, 10% acima de R\$ 50 mil	Bovinos: R\$ 300 mil por animal. Caprinos e ovinos: R\$ 50 mil por animal	LMI – POS
	Rebanho: bovinos, suínos, ovinos, caprinos e bubalinos	Morte dos animais	Cobertura de transporte	Número de animais determinado na apólice		Plano em Grupo: número de animais mortos, quando esse for maior que a franquia. Plano de Rebanho Simples: diferença entre o número de animais mortos e a franquia
Fairfax	Bovinos	Morte dos animais				Indenização = LMI – POS ou franquia dedutível

Fonte: Brasileg (BB Seguros, 2022), Fairfax (Fairfax Brasil, 2022), Mapfre (2022) e Swiss Re (Swiss Re Corporate Solutions Brasil, 2022).

Tabela 2. Dados econômicos acumulados do seguro pecuário no Brasil, por seguradora, de 2006 a 2022.

Seguradora	Quantidade de beneficiários	Apólices contratadas	Valor segurado (LMGA) ⁽¹⁾ (R\$)	Prêmio do seguro (R\$)	Valor da subvenção (R\$)	Taxa média (%)
Brasilseg	2.647	3.185	2.718.076.577	30.792.432	11.812.165	1,59
Swiss Re	2.504	4.540	1.260.747.303	24.899.358	8.788.808	2,80
Mapfre	3.012	3.341	702.862.044	14.621.261	5.805.491	3,67
Fairfax	719	1.475	700.695.965	15.740.877	6.185.057	4,61
Total	8.882	12.541	5.382.381.890	86.053.928	32.591.521	3,17

⁽¹⁾ Limite máximo de garantia da apólice.

Fonte: Brasil (2022).

Tabela 3. Dados econômicos acumulados do seguro pecuário no Brasil, por região, de 2006 a 2022.

Região	Quantidade de beneficiários	Apólices contratadas	Valor segurado (LMGA) (R\$)	Prêmio do seguro (R\$)	Valor da subvenção (R\$)	Taxa média (%)
Centro-Oeste	2.003	2.953	2.275.430.781,47	23.696.977,09	9.085.708,35	2,53
Nordeste	1.186	1.386	478.845.310,49	5.811.211,75	2.243.850,41	2,72
Norte	590	726	460.119.783,90	7.169.114,42	2.749.803,33	2,96
Sudeste	2.311	3.755	1.482.888.171,19	32.417.467,81	12.306.981,89	2,63
Sul	2.502	3.717	683.208.038,74	16.954.946,71	6.203.328,36	3,94
Total	8.592	12.537	5.380.492.085,79	86.049.717,78	32.589.672,34	2,87

Fonte: elaborado com dados de Brasil (2022).

Tabela 4. Efetivo de rebanho, por tipo de animal e região, em 2020.

Animal	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Bovino	52.421.123	28.601.643	37.441.512	24.245.576	75.440.444
Bubalino	1.013.630	131.493	201.304	94.277	61.778
Equino	1.012.145	1.339.892	1.338.639	913.510	1.357.940
Suíno	1.498.089	5.924.912	7.038.757	20.609.663	6.052.812
Caprino	161.368	11.498.124	154.894	188.186	98.726
Ovino	571.266	14.561.928	616.517	3.864.369	1.014.619
Galináceo	50.607.110	185.527.484	367.272.786	696.253.156	179.702.816
Codorna	167.195	2.515.530	10.422.725	2.443.359	963.360

Fonte: IBGE (2021).

O mercado de seguros pecuários nos EUA e seu funcionamento

Conforme a Agência de Gestão de Risco dos Estados Unidos (Estados Unidos, 2022), os

seguros pecuários disponíveis no país são: seguro de receita para animais destinados à produção de laticínios; seguro de margem bruta, para boi, suínos e vacas leiteiras; e seguro de faturamento (livestock risk protection).

O seguro de receita foi desenvolvido para garantir uma receita trimestral de vendas de leite, considerando que elas sofrem quedas inesperadas. Para isso, é calculada uma receita esperada, baseando-se em preços futuros do leite e seus derivados e na quantidade de leite coberta no contrato.

O seguro de margem é usado para proteção contra perda de margem bruta, que pode ser definida como a diferença entre o valor do animal de corte e os custos, decorrente do aumento dos preços dos insumos ou da queda dos preços dos animais. A indenização ocorrerá se a margem bruta efetiva for menor que a margem bruta garantida. Para o cálculo da margem esperada, são usados preços baseados na média simples dos indicadores de contrato futuro. Esse produto está disponível em apenas 20 estados do país para a produção bovina e em 48 estados para a produção leiteira ou suína.

Por último, o seguro livestock risk protection foi projetado para mitigar os riscos de preços do animal acabado. Nesse caso, o produtor pode escolher o nível de cobertura e o período do seguro correspondente ao tempo no qual o animal será comercializado. As coberturas variam de 70% a 100% do valor final esperado. Se o valor final real ficar abaixo do preço coberto, o segurado receberá uma indenização equivalente à diferença entre essas variáveis. Em nenhum caso, o seguro cobre a morte dos animais.

Discussão

Entre as vantagens do seguro pecuário, destaca-se a estabilidade que ele proporciona tanto na renda individual do produtor quanto na renda do setor, pela compensação de perdas. Além disso, o instrumento incentiva o uso eficiente de insumos e, assim, favorece o aumento da produção e a segurança alimentar. Outra vantagem do seguro pecuário é o fato de ele auxiliar os produtores a continuarem seus negócios no período seguinte de produção e na obtenção de empréstimos, já que pode servir como garantia direta de pagamento da dívida (Boyd et al., 2013).

Para Boyd et al. (2013), as desvantagens estão relacionadas à seleção adversa e ao risco moral. A seleção adversa pode ocorrer principalmente no início do contrato do seguro pecuário, momento no qual é difícil identificar e diferenciar os produtores com altas taxas de mortalidade (maior risco) e os com baixas taxas (menor risco). Já o risco moral decorre da falta de transparência que pode haver no setor, pelo fato de a produção ocorrer em ambientes fechados e, assim, possibilitar que o produtor aja de má-fé, isto é, que não faça a gestão nem o manejo adequados dos animais.

Esta revisão de literatura permitiu notar a escassez de estudos nacionais sobre seguro pecuário, pois os artigos encontrados enfatizam os instrumentos financeiros de gestão de risco no geral. Notou-se também que as ferramentas de mitigação de risco mais citadas pelos autores brasileiros são os contratos futuro e a termo, responsáveis por proteger os pecuaristas de oscilações de preços dos animais (Carrer et al., 2013; Carvalho & De Zen, 2017; Pontes & Maia, 2017).

Outro ponto destacado nos artigos revisados é a falta de informação do produtor quanto a esses mecanismos de gestão de risco, um dos fatores mais citados como determinante da baixa adesão dos criadores de animais (Carrer et al., 2013; Dill et al., 2015). Tal fato é encontrado também em pesquisas que buscaram identificar os determinantes da demanda por seguro pecuário ao redor do mundo (Khan et al., 2013; Takahashi et al., 2016; Amare et al., 2019; Liu et al., 2021).

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de políticas públicas para a divulgação eficaz do seguro pecuário, além de programas que esclareçam para o produtor rural o funcionamento e as vantagens dessa ferramenta. Outro ponto relevante é incentivar pesquisas que busquem desenvolver e aprimorar o setor, para torná-lo mais atrativo para as seguradoras e os pecuaristas.

Notou-se também que a grande maioria dos trabalhos sobre o tema trata principalmente do seguro pecuário de mortalidade, dando pouca ênfase a outras modalidades, como o seguro

de margem e o de preço, mais desenvolvidos nos EUA (Boyd et al., 2013; Khan et al., 2013; Pai et al., 2015; Takahashi et al., 2016; Amare et al., 2019; Pai & Ravishanker, 2020; Ikikat Tümer & Birinci, 2021; Liu et al., 2021). Nesse contexto, seria interessante que pesquisas futuras fizessem uma análise comparativa entre os modelos de seguro pecuário de modo a identificar qual seria o produto mais eficiente, tendo em vista a cadeia produtiva da pecuária brasileira.

Além do mais, o mercado de seguro pecuário possui grande potencial de crescimento no País, pois o número de beneficiários é muito pequeno quando comparado à quantidade de estabelecimentos de criação de animais. Constatou-se que o Sul, região de grande produção de suínos e aves, possui o maior número de beneficiários, enquanto o Centro-Oeste, maior produtor de bovinos e equinos, exibiu o maior valor segurado.

A Tabela 5 mostra uma síntese de todas essas considerações encontradas nos artigos analisados, utilizando-se da análise SWOT.

Considerações finais

O seguro pecuário surgiu há mais de 300 anos, na Grã-Bretanha, com desenvolvimento insatisfatório até a década de 1960, quando essa modalidade passou a ter mais registros de oferta ao redor do mundo. Porém, por causa do mau desempenho das empresas do ramo, foi só

no começo da década de 2000 que os estudos sobre o seguro pecuário passaram a modelar melhor esse instrumento de mitigação de riscos, possibilitando, assim, aumento da quantidade de seguradoras privadas e de subsídios federais com ênfase no setor.

Esta pesquisa identificou quatro modalidades de seguro pecuário: o de mortalidade animal, que cobre as mortes decorrentes de doenças e acidentes, entre outros; o de faturamento, destinado a cobrir perdas da receita causada pela queda de preço do produto acabado; o de margem bruta, que minimiza a variabilidade do retorno do produtor, segurando-o contra quedas de preços dos animais ou dos insumos; e o seguro de índice. Destaca-se a grande predominância do seguro de mortalidade animal.

Pôde-se observar que muitos autores buscaram entender tanto as percepções dos produtores em relação aos riscos envolvidos na criação animal quanto os fatores determinantes para a adoção do seguro pecuário. Em contrapartida, poucas pesquisas desenvolveram modelos de precificação do prêmio do seguro em questão. Além disso, foram encontrados trabalhos que analisaram os impactos da adoção desses mecanismos nos retornos do produtor; os impactos dos subsídios na demanda pelo seguro; as vantagens e desvantagens desse produto; e o nível ótimo de cobertura do ponto de visto do produtor.

Vale destacar, mais uma vez, que é escassa a literatura sobre seguro pecuário – prin-

Tabela 5. Forças, fraquezas, oportunidades e ameaças para o mercado de seguro pecuário.

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade da renda do produtor - Uso eficiente dos recursos - Aumento do acesso ao crédito 	<ul style="list-style-type: none"> - Seleção adversa e risco moral - Falta de divulgação e instrução dos produtores
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> - Seguro é uma ferramenta amplamente utilizada pelo público em geral - Desenvolvimento do seguro de faturamento e de margem no Brasil - Espaço para crescimento do mercado 	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de outros instrumentos de riscos, como contratos futuro e/ou a termo

principalmente a nacional – dedicada a analisar as variáveis de suma importância para os cálculos dos atributos do seguro, como o prêmio. Tendo em vista os números referentes aos rebanhos brasileiros, nota-se que há espaços para a expansão desse ramo atuário no País, juntamente com o desenvolvimento de estudos sobre o tema, de modo a aperfeiçoar os produtos oferecidos.

Por fim, uma das fraquezas encontradas foi a falta de informação dos pecuaristas com relação ao seguro pecuário. Por isso, destaca-se a importância de políticas públicas que divulguem o seguro pecuário e proporcionem instrução e esclarecimento para o produtor rural, pois isso pode alterar de forma significativa a demanda por esse instrumento de gestão de risco. Além disso, o incentivo à pesquisa pode desenvolver o setor e propiciar o aumento da oferta dessa modalidade de seguro.

Referências

- AMARE, A.; SIMANE, B.; NYANGAGA, J.; DEFISA, A.; HAMZA, D.; GURMESSA, B. Index-based livestock insurance to manage climate risks in Borena zone of southern Oromia, Ethiopia. **Climate Risk Management**, v.25, art.100191, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100191>.
- BB SEGUROS. BRASILSEG. **Seguro Pecuário Faturamento**. Disponível em: <<https://www.bbseguros.com.br/seguradora/seguros/para-seus-negocios/seguro-agronegocio/pecuario-faturamento>>. Acesso em: 7 mar. 2022.
- BESANKO, D.A.; BRAEUTIGAM, R.R. **Microeconomics**. 5th ed. Danvers: Wiley, 2014.
- BIGLARI, T.; MALEKSAEIDI, H.; ESKANDARI, F.; JALALIL, M. Livestock insurance as a mechanism for household resilience of livestock herders to climate change: evidence from Iran. **Land Use Policy**, v.87, art.104043, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104043>.
- BOYD, M.; PAI, J.; PORTH, L. Livestock mortality insurance: development and challenges. **Agricultural Finance Review**, v.73, p.233-244, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1108/af-04-2013-0019>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Atlas do Seguro Rural**. Disponível em: <<https://indicadores.agricultura.gov.br/atlasdoseguro/index.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2022.
- CARRARA, A.F. **O mercado de balcão brasileiro**: um estudo sobre as características e a regulamentação. 2013. 164p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. DOI: <https://doi.org/10.11606/d.11.2013.tde-22032013-112430>.
- CARRER, M.J.; SILVEIRA, R.L.F. da; SOUZA FILHO, H.M. de; VINHOLIS, M. de M.B. Fatores determinantes do uso de instrumentos de gestão de risco de preço por pecuaristas de corte do Estado de São Paulo. **Ciência Rural**, v.43, p.370-376, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-84782013000200030>.
- CARVALHO, T.B. de; DE ZEN, S. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista IPecege**, v.3, p.85-99, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.85>.
- DILL, M.D.; EMVALOMATIS, G.; SAATKAMP, H.; ROSSI, J.A.; PEREIRA, G.R.; BARCELLOS, J.O.J. Factors affecting adoption of economic management practices in beef cattle production in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Journal of Rural Studies**, v.42, p.21-28, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.09.004>.
- DOLIVERIA, S.L.D.; GONZAGA, C.A.M.; SOARES, S.; FRANCO, L.S.; MASSUGA, F. A pandemia da covid-19 e o contexto brasileiro: uma análise SWOT. **Liinc em Revista**, v.16, e5237, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18617/liinc.v16i2.5237>.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Risk Management Agency. **Livestock Insurance Plans**. Disponível em: <<https://www.rma.usda.gov/Policy-and-Procedure/Insurance-Plans/Livestock-Insurance-Plans>>. Acesso em: 9 mar. 2022.
- FAIRFAX BRASIL. **Agronegócio e Animais**. Disponível em: <<https://www.fairfax.com.br/agrobusiness.html>>. Acesso em: 7 mar. 2022.
- FELTRIM, V.D. **Um levantamento bibliográfico sobre a estruturação de textos acadêmicos**. Maringá: Fundação Universidade Estadual de Maringá, 2007. Disponível em: <<http://wiki.icmc.usp.br/images/7/72/Feltrim2007.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2021.
- FIGUEIREIDO, N. Da importância dos artigos de revisão da literatura. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v.23, p.131-135, 1990.
- GEBREKIDAN, T.; GUO, Y.; BI, S.; WANG, J.; ZHANG, C.; WANG, J.; LYU, K. Effect of index-based livestock insurance on herd offtake: evidence from the Borena zone of southern Ethiopia. **Climate Risk Management**, v.23, p.67-77, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.10.003>>.
- GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. (Série Educação a Distância). Disponível em: <<http://www.ufrgs>

<br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2021.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HAYRAN, S.; KÜLEKÇİ, M.; GÜL, A. Perception and risk management strategies for ranchers and their determinants: a case study from Turkey. **Ciência Rural**, v.51, e20200456, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200456>.

HELLMUTH, M.E.; OSGOOD, D.E.; HESS, U.; MOORHEAD, A.; BHOJWANI, H. (Ed.). **Index insurance and climate risk**: prospects for development and disaster management. Palisades: IRI, 2009. 112p. (Climate and Society, n.2).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**: resultados definitivos: pecuária. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html>. Acesso em: 16 mar. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM)**. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2020>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

IKIKAT TÜMER, E.; BIRINCI, E. Estimation of cattle insurance demand in Turkey through count data method: the case of TRA1 region. **KSU Journal of Agriculture and Nature**, v.24, p.614-621, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.706142>.

JENSEN, N.D.; MUDE, A.G.; BARRETT, C.B. How basis risk and spatiotemporal adverse selection influence demand for index insurance: evidence from northern Kenya. **Food Policy**, v.74, p.172-198, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.01.002>.

JONES, A. **The organisation of livestock insurance**. Ithaca: Cornell University, 1930. p.967-977.

KHAN, M.A.; CHANDER, M.; BARDHAN, D. Willingness to pay for cattle and buffalo insurance: an analysis of dairy farmers in central India. **Tropical Animal Health and Production**, v.45, p.461-468, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0240-z>.

LIU, P.; HOU, L.; LI, D.; MIN, S.; MU, Y. Determinants of Livestock Insurance Demand: Experimental Evidence from Chinese Herders. **Journal of Agricultural Economics**, v.72, p.430-451, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12402>.

MAHUL, O.; STUTLEY, C.J. **Government support to agricultural insurance**: challenges and opportunities for developing countries. Washington: World Bank Publications, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-8217-2>.

MAPFRE. **Grandes Riscos e Agronegócio**: Seguro Pecuário. Disponível em: <<https://www.mapfre.com.br/para-seus-negocios/agronegocios/pecuario>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

MARTINS, T.M.; MARTINELLI, D.P. Ciclos e previsão cíclica dos preços das *commodities*: um modelo de indicador antecedente para a commodity açúcar. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v.1, p.1-12, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13059/racef.v1i2.22>.

MERRITT, M.G.; GRIFFITH, A.P.; BOYER, C.N.; LEWIS, K.E. Probability of receiving an indemnity payment from feeder cattle livestock risk protection insurance. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v.49, p.363-381, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/aae.2016.44>.

MIRANDA, M.J.; FARRIN, K. Index insurance for developing countries. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v.34, p.391-427, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/aep/pps031>.

ODUNIYI, O.S.; ANTWI, M.A.; TEKANA, S.S. Farmers' willingness to pay for index-based livestock insurance in the North West of South Africa. **Climate**, v.8, art.47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8030047>.

OLIVEIRA NETO, O.J. de; LIMA, J.J. de; CÉSAR, V.A.M.; REZENDE, S.O.; FIGUEIREDO, R.S. Aplicação do diagrama de causa e efeito e da análise SWOT na definição de prioridades em uma propriedade rural especializada em cria de bovinos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Apresentação oral**. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.

PAI, J.; BOYD, M.; PORTH, L. Insurance premium calculation using credibility analysis: an example from livestock mortality insurance. **The Journal of Risk and Insurance**, v.82, p.341-357, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/jori.12024>.

PAI, J.; RAVISHANKER, N. Livestock mortality catastrophe insurance using fatal shock process. **Insurance: Mathematics and Economics**, v.90, p.58-65, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2019.11.001>.

PONTES, T.T. e S.; MAIA, S.F. Precificação de opções sobre contratos futuros de boi gordo na BM&FBOVESPA. **Economia Aplicada**, v.21, p.737-760, 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/ecoa/article/view/145241>>. Acesso em: 18 out. 2021.

SCHWANTES, F. **Política agrícola no Brasil**: é preciso mudar os paradigmas da gestão de riscos na atividade agropecuária. Brasília: CNA, 2017. Disponível em: <https://portal-integrado-cna.hom.dotgroup.com.br/assets/arquivos/artigostecnicos/42-artigo_-_fernanda_

[schwantes_0.18505300%201514912082.pdf](#)>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SMITH, V.H.; GLAUBER, J.W. Agricultural Insurance in developed countries: where have we been and where are we going? **Applied Economic Perspectives and Policy**, v.34, p.363-390, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/aep/pps029>.

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v.104, p.333-339, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.

SUN, Y.; TAN, K.S. A generalized Livestock Gross Margin insurance program for the developing countries. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, v.9, p.421-438, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/JADEE-12-2018-0190>.

SUSEP. Superintendência de Seguros Privados. **Seguro Rural**. Disponível em: <<http://www.susep.gov.br/menu/informacoes-ao-publico/planos-e-produtos/seguros/seguro-rural>>. Acesso em: 9 mar. 2022.

SWISS RE CORPORATE SOLUTIONS BRASIL. **Seguro para Animais**. Disponível em: <<https://corporatesolutions.swissre.com/brasil-seguros/nossas-solucoes/agro/Seguros-Animais.html>>. Acesso em: 8 mar. 2022.

TAKAHASHI, K.; IKEGAMI, M.; SHEAHAN, M.; BARRETT, C.B. Experimental evidence on the drivers of index-based livestock insurance demand in Southern Ethiopia. **World Development**, v.78, p.324-340, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.039>.

TAKAHASHI, K.; NORITOMO, Y.; IKEGAMI, M.; JENSEN, N.D. Understanding pastoralists' dynamic insurance uptake decisions: evidence from four-year panel data in Ethiopia. **Food Policy**, v.95, art.101910, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101910>.

VALVEKAR, M.; CABRERA, V.E.; GOULD, B.W. Identifying cost-minimizing strategies for guaranteeing target dairy income over feed cost via use of the Livestock Gross Margin dairy insurance program. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3350-3357, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2815>.

VALVEKAR, M.; CHAVAS, J.P.; GOULD, B.W.; CABRERA, V.E. Revenue risk management, risk aversion and the use of Livestock Gross Margin for Dairy Cattle insurance. **Agricultural Systems**, v.104, p.671-678, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.004>.

VAN ASSELDONK, M.; MEUWISSEN, M. **Gross margin insurance on Dutch dairy and fattening pig farms**. Wageningen: Wageningen Economic Research, 2017. Report 2017-026. DOI: <https://doi.org/10.18174/416977>.

YANG, Y.; LONG, W.; TURVEY, C.G. The willingness to offer livestock insurance in rural China: a discrete choice experiment among Chinese insurance agents. **Agricultural Finance Review**, v.82, p.914-941, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/AFR-09-2021-0121>.

YAYLAK, E.; KAYA, I.; CUNDAR, V.; GEVREK, A. Damage types, causes of damage and herd leaving ages in dairy cattle under the scope of livestock insurance and subject to compensation in some districts of Izmir Province of Turkey. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, p.1265-1273, 2011.

Perfil da pecuária no Centro-Oeste¹

Francisco José Silva Tabosa²
Eucinete de Menezes Albuquerque³
Kilmer Coelho Campos⁴

Resumo – A pecuária brasileira do Centro-Oeste é de fundamental importância para a economia do País, pois a produção de bovinos na região corresponde a um terço da produção nacional. O objetivo deste trabalho foi estudar as relações entre aspectos tecnológicos e econômicos dos maiores municípios produtores da pecuária da região pelo método de análise de correlações canônicas (ACC). Os dados utilizados foram coletados do Sistema de Recuperação Automática (Sidra) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Censo Agropecuário de 2017, com base numa amostra dos 50 maiores municípios produtores de pecuária do Centro-Oeste. Os resultados indicam que o perfil técnico é fortemente representado pelo acesso ao crédito agrícola e investimentos, enquanto o perfil econômico é intensamente influenciado pela receita, pelo lucro e pela área de produção – de maneira especial, quanto maior for a receita, menor será o custo médio de produção.

Palavras-chave: análise de correlação canônica, perfil econômico, perfil técnico.

Livestock profile in the Midwest region of Brazil

Abstract – Livestock in the Brazilian Midwest region is essential for the country's economy, since the bovine production corresponds to one third of the national production. Thus, the objective of this work was to study the relationships between the technological and economic aspects of the largest livestock-producing municipalities located in this region, using the method of canonical correlation analysis (CCA) method. The data used were collected from the automatic recovery system (*Sistema de Recuperação Automática, SIDRA*) of the *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)*, and from the 2017 agricultural census, from a sample of the 50 largest cattle-producing counties located in the Midwest region. The results indicate that the technical profile is strongly represented by the access to agricultural credits and investment, while the economic profile is strongly influenced by revenue, profit, and production area – in particular, as the higher is the revenue, the lower will be the average cost of production.

Keywords: canonical correlation analysis, economic profile, technical profile.

Introdução

A pecuária é reconhecida como uma atividade econômica que diz respeito ao conjun-

to de técnicas para a criação de animais. Sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro é ampla – o setor agropecuário movimenta bilhões por ano, além de

¹ Original recebido em 30/5/2022 e aprovado em 5/10/2022.

² Economista, professor do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (PPGER/UFC), bolsista de produtividade do CNPq. E-mail: franzetabosa@ufc.br

³ Mestranda em Economia Rural. E-mail: eucinetemenezes@gmail.com

⁴ Professor associado do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (PPGER/UFC). E-mail: kilmer@ufc.br

gerar milhares de empregos diretos e indiretos. Em relação à produção de carne bovina, em que o Centro-Oeste se destaca, é válido ressaltar que ela está cada vez maior no País, com novo recorde de faturamento com as vendas externas em 2021 (Walendorff, 2022).

O Centro-Oeste tem demonstrado há algum tempo que possui condições favoráveis à exploração pecuária economicamente rentável. Segundo Teixeira & Hespanhol (2014), a região apresentou maior expansão do efetivo bovino a partir da década de 1960, por possuir diferenciais naturais para o desenvolvimento da atividade, como vastas áreas de campos e cerrados e sua localização no centro do País, o que facilitava a ligação com as outras regiões, onde estão os maiores mercados consumidores, principalmente o Sudeste. Em 1980, o Centro-Oeste já possuía o maior rebanho do Brasil (Silva et al., 2012).

A região foi responsável por 34,6% do efetivo bovino nacional em 2020, contabilizando 75,4 milhões de cabeças, sendo Mato Grosso o maior produtor brasileiro, com 32,7 milhões de cabeças, seguido por Goiás, com 23,6 milhões, e Mato Grosso do Sul, com 23,3 milhões (Produção..., 2020).

Castro (2014) apresenta vários fatores que são frequentemente apontados como potenciais entraves ao desenvolvimento da pecuária na região: questões ambientais, deficiência logística, atraso tecnológico, falta de crédito e falta de assistência técnica. Mesmo assim, nas últimas décadas, a produção da região cresceu significativamente, seja pelo aumento de produtividade decorrente de modificações tecnológicas, seja pela incorporação de novas áreas de produção.

A aplicação de tecnologias está nas diversas etapas do processo produtivo pecuário, otimizando desde as práticas de manejo até a qualidade da carne. O resultado é positivo não só para os criadores, mas também para os frigoríficos e, por consequência, para o consumidor final. O crescimento da taxa de lotação se associa à fertilidade do solo e ao cruzamento genético de plantas forrageiras, o que favorece

o crescimento dos pastos, refletindo no custo de oportunidade, como o preço da carne, a competição com a produção de alimentos e os termos de trocas para insumos modernos (Vieira Filho, 2016).

O objetivo deste trabalho foi analisar as relações entre aspectos tecnológicos e econômicos dos maiores municípios produtores da pecuária do Centro-Oeste, e o método adotado foi o de análise de correlações canônicas, para determinar combinações lineares para cada grupo de variáveis (técnicas e econômicas), com base em dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019).

Contextualização da pecuária no Centro-Oeste

Desde o fim do século 20, o Brasil vem se consolidando como um dos maiores produtores mundiais de proteínas animais graças à disponibilidade de terras, ao talento de seus produtores rurais e à tecnologia aqui desenvolvida e empregada na agropecuária. Esse conjunto de fatores permitiu que outras partes do mundo se beneficiassem dos alimentos produzidos no País (Abiec, 2021).

A pecuária do Brasil, uma das principais atividades econômicas do País, responde por 30,4% do PIB do agronegócio e por 8,1% do equivalente ao total brasileiro (Cepea, 2022), e constitui uma das mais importantes formas de uso do espaço, sendo capaz de alterar substancialmente a paisagem, já que seu desenvolvimento, geral e extensivamente, mobiliza grandes áreas cobertas por forragens das mais variadas espécies. A principal característica do desenvolvimento dessa atividade no País é a heterogeneidade dos sistemas de produção e dos mecanismos de gestão e de comercialização do gado (Carvalho & Zen, 2017).

Segundo dados da Embrapa (Kichel et al., 2012), em 2011 as pastagens ocupavam no Brasil a área de aproximadamente 200 milhões de hectares (30% do território nacional). No Centro-Oeste, no entanto, a ocupação já atinge pouco mais de

50% de seu território, quase o dobro da média nacional. Tais informações mostram a importância que a pecuária possui no contexto econômico da região e sua influência na exploração agrícola e na conservação dos recursos naturais.

A Tabela 1 mostra os efetivos das principais espécies criadas no Centro-Oeste e no Brasil. Em relação aos bovinos, o Centro-Oeste detém 34% do plantel nacional, sendo Mato Grosso e Goiás responsáveis por 25,8%, os estados com os maiores rebanhos bovinos brasileiros.

De acordo com análise do Cepea, a produção pecuária caiu 0,4% em 2020, mas a agropecuária cresceu 2,5% (Cepea, 2022). O setor de carne brasileira foi o segundo maior exportador do agronegócio, com US\$ 1,61 bilhão em janeiro de 2022 (+39,8%), alcançando valor recorde para esses meses em toda a série histórica. Houve incremento do volume exportado (+21,1%) e dos preços médios de exportação (+15,5%), sendo a carne bovina a de maior volume. O Brasil é o maior exportador de carne de aves e o terceiro maior produtor mundial nessa modalidade; ocupa o quarto lugar na exportação e produção global de suínos. Na pecuária de corte, somos o maior exportador mundial, com produção de dez milhões de toneladas, a segunda maior do mundo (Abiec, 2021).

Segundo Almeida & Medeiros (2015), na pecuária busca-se a melhoria do desempenho do animal correlacionada à melhora genética, à introdução da nutrição balanceada, à melhoria

da qualidade das pastagens e aos ingressos das inovações em gestão. Com as avaliações genéticas feitas no rebanho, é possível efetuar práticas de manejos adequadas de acordo com as características do animal geneticamente modificado, para se obter melhores resultados na propriedade (Couto, 2020).

Outro fator importante no desenvolvimento do agronegócio na região é a busca por produtos agrícolas em âmbito internacional, condição que favorece o desenvolvimento de atividades econômicas pelo aumento do preço das commodities, juntamente com a ajuda do Estado,

[...] responsável por garantir aportes de infraestrutura, financiamento, renegociações de dívidas agrícolas, mudanças nas legislações, pesquisa, dentre outros. (Mauro & Calaça, 2017, p.4).

Assim, o Centro-Oeste enfrenta um processo denominado mundialização da agricultura, no qual tanto o capital nacional quanto o internacional atuam na região para o desenvolvimento do agronegócio.

Por isso, o Centro-Oeste tem sido, nas últimas quatro décadas, a região de melhor desempenho econômico entre as macrorregiões brasileiras. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com o desenvolvimento de tecnologias em pecuária, especialmente na bovinocultura, ratifica enorme impacto na economia regional. Em três décadas, o tempo médio

Tabela 1. Efetivos da pecuária na região Centro-Oeste e no Brasil.

UF	Efetivo da pecuária (cabeças)			
	Bovinos	Ovinos	Suínos	Aves (mil)
Distrito Federal	84.225	22.866	186.698	9.144
Goiás	23.626.608	120.581	1.822.133	93.365
Mato Grosso	32.702.525	458.621	2.601.292	47.157
Mato Grosso do Sul	19.027.086	412.551	1.442.689	30.036
Centro-Oeste	75.440.444	1.014.619	6.052.812	179.702
Brasil	218.150.298	20.628.699	41.124.233	1.479.363
Relação Centro-Oeste/Brasil (%)	34,58	4,92	14,72	12,15

Fonte: Produção... (2020).

para o gado atingir o peso de abate caiu de 72 meses para 24 meses, em média, na região.

Os esforços em busca de maior sustentabilidade nas propriedades agrícolas do setor têm conduzido boa parte dos criadores a incorporar novos procedimentos, como recuperação de pastagens degradadas, integração com lavoura e floresta, melhoria da genética do rebanho e uso do sistema de confinamento. Os resultados têm sido mostrados especialmente por estes indicadores: incremento da taxa de lotação por hectare, redução do tempo de abate e aumento do número de animais cadastrados com cobertura de gordura e com peso maior das carcaças. E tudo isso apesar de a maior parte do rebanho bovino da região ser criada nos sistemas extensivo ou semiextensivo, com toda ou parte da alimentação do rebanho proveniente de pastagens naturais ou plantadas.

Este trabalho emprega a técnica de análise de correlações canônicas (ACC), cujo objetivo é encontrar combinações lineares, a partir de dois grupos de dados, de forma que a correlação entre essas variáveis seja maximizada. Ela se resume em associar índices a cada um dos conjuntos de dados, definidos como combinações lineares dos valores em cada um dos conjuntos, de forma a maximizar a correlação entre os dois índices. Dessa forma, busca-se reter ao máximo as informações contidas nas variáveis originais (Mingoti, 2007). Na literatura, não foram encontrados trabalhos referentes ao perfil técnico e econômico que adotem a análise de correlação canônica.

Metodologia

Natureza e fonte dos dados

A base de dados utilizada na pesquisa é composta de informações coletadas do Sistema

de Recuperação Automática (Sidra) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), bem como do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019). São dados condensados sobre os municípios do Centro-Oeste com maior produção pecuária. Para a análise, foi selecionada uma amostra dos 50 municípios⁵ (Figura 1) de maior produção efetiva (em cabeças) – 28 de Goiás, 11 de Mato Grosso do Sul e 11 de Mato Grosso. Tais estatísticas são extraídas por estabelecimentos a partir dos dados agregados dos municípios, por meio do método de fazendas representativas, e optou-se ainda por uma padronização das variáveis de perfil técnico (com exceção da variável *investimento*) mediante divisão de cada uma delas pelo total de estabelecimentos em cada município.

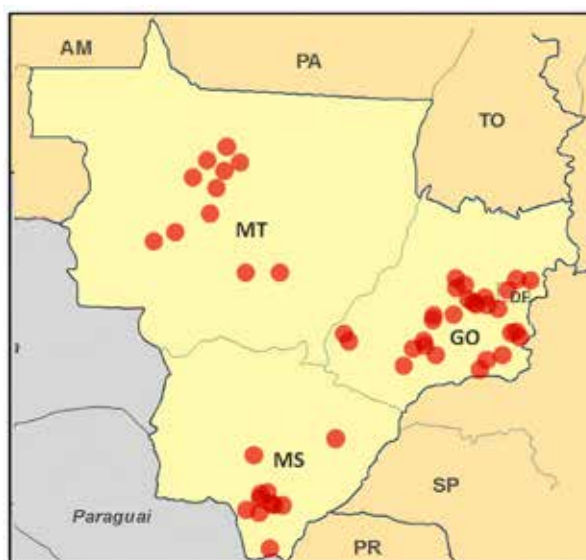


Figura 1. Centro-Oeste – municípios de maior produção pecuária efetiva.

A Tabela 2 mostra as variáveis dos perfis técnico e econômico utilizadas no estudo.

⁵ Distrito Federal; Goiás – Águas Lindas de Goiás, Alexânia, Aparecida do Rio Doce, Brazabrantes, Buriti Alegre, Campo Limpo de Goiás, Goianápolis, Heitoráí, Inhumas, Itaberaí, Itaguari, Itumbiara, Leopoldo de Bulhões, Marzagão, Maurilândia, Mineiros, Palmeiras de Goiás, Palmelo, Paraúna, Pires do Rio, Portelândia, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santo Antônio da Barra, Santo Antônio de Goiás, São João da Paraúna e Urutaí; Mato Grosso do Sul – Água Clara, Caarapó, Douradina, Dourados, Fátima do Sul, Glória de Dourados, Iguatemi, Itaporã, Laguna Carapã, Sidrolândia e Vicentina; Mato Grosso – Campo Verde, Ipiranga do Norte, Lucas do Rio Verde, Nova Marilândia, Nova Mutum, Primavera do Leste, Sinop, Sorriso, Tangará da Serra, Tapurah e Vera.

Tabela 2. Variáveis do estudo – perfis técnico e econômico.

Perfil técnico	Perfil econômico
X_1 = Investimento (número de máquinas, tratores, implementos e veículos)	Y_1 = Receita ⁽¹⁾ (valor médio nos estabelecimentos agropecuários)
X_2 = Crédito agrícola (número de estabelecimentos que obtiveram financiamento)	Y_2 = Lucro ⁽¹⁾ (valor médio nos estabelecimentos agropecuários)
X_3 = Cooperativa (número de estabelecimentos que participam de cooperativas)	Y_3 = Produção (número médio de cabeças nos estabelecimentos)
X_4 = Orientação técnica (número de estabelecimentos com orientação técnica)	Y_4 = Área de produção (área com pastagem)
	Y_5 = Custo médio ⁽¹⁾ (valor médio das despesas nos estabelecimentos agropecuários)

⁽¹⁾ Foram utilizados como base o ano de 2017 para deflacionamento através do INPC 2021.

Método de análise

A análise de correlações canônicas (ACC) caracteriza-se por avaliar relações entre dois grupos influenciados por, no mínimo, dois caracteres. Ela faz um resumo das informações dos dois conjuntos, em duas combinações lineares, de forma a maximizar a correlação entre eles (Mingoti, 2007). É uma técnica estatística empregada para identificar e avaliar o grau de associação entre dois conjuntos de variáveis (X e Y) usando uma função específica da matriz de variância-covariância dessas variáveis (Khattree & Naik, 2000).

De maneira genérica, considera-se que o primeiro grupo é estabelecido por p caracteres e o segundo, por q , em que o número de correlações canônicas é igual ao menor número de caracteres que constitui um dos grupos (p ou q), e sua magnitude sempre decresce com a ordem em que são estimadas. Entretanto, o primeiro coeficiente é sempre maior ou igual, em valor absoluto, a qualquer coeficiente de correlação simples ou múltipla, entre os caracteres do primeiro e do segundo grupos.

A ACC é baseada na determinação de variáveis canônicas ortogonais e, por isso, as variáveis em cada grupo devem ser linearmente independentes. Se essa condição não for satisfeita de início, será necessário descartar as variáveis que são combinações lineares das demais (variáveis redundantes).

Sejam dois grupos de variáveis X e Y , em que $X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$ é o vetor de medidas de p características que constituem o grupo I – variáveis técnicas –, e $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_q)$ é o vetor das medidas de q características que constituem o grupo II – variáveis econômicas. Considerando-se X e Y conjuntamente, o vetor V e a matriz de covariância Σ são dados por

$$V_{(p+q) \times 1} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \\ Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (1)$$

e

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sum_{(p \times q)11} & \vdots & \sum_{(p \times q)12} \\ \dots & \dots & \dots \\ \sum_{(p \times q)21} & \vdots & \sum_{(p \times q)22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Assim, os pq elementos de Σ_{12} medem a associação entre os dois grupos. O objetivo é concentrar a atenção em algumas poucas combinações lineares de variáveis pertencentes a X e Y , em vez de trabalhar com todas as covariâncias contidas em Σ_{12} . Adotando a notação utilizada por

Anderson (1984), sejam U e V combinações lineares das variáveis X e Y , definidas por

$$U = a'X, (U = a_1X + a_2X + \dots + a_pX) \quad (3)$$

e

$$V = b'Y, (U = b_1Y + b_2Y + \dots + b_qY) \quad (4)$$

em que a é o vetor $1 \times p$ de pesos das características do grupo I; e b é o vetor $1 \times q$ de pesos das características do grupo II. Assim,

$$Var(U) = a'Cov(X) \times a = a'\Sigma_{11} \times a \quad (5)$$

$$Var(V) = b'Cov(Y) \times b = b'\Sigma_{22} \times b \quad (6)$$

$$Cov(U,V) = a'Cov(X,Y) \times b = a'\Sigma_{12} \times b \quad (7)$$

Define-se como a primeira correlação canônica (r_1) aquela que elevar ao máximo a relação entre U_1 e V_1 . As funções U_1 e V_1 constituem o primeiro par canônico associado àquela correlação.

$$r_1 = Cov(X,Y) = \frac{Cov(X,Y)}{\sqrt{Var(U)Var(V)}} = \sqrt{\lambda_1} \quad (8)$$

O primeiro par de variáveis canônicas é o par de combinações lineares U_1, V_1 , com variância igual a 1, que maximiza a correlação. O k par de variáveis canônicas é o par de combinações linear U_k, V_k , com variância igual a 1, que maximiza a correlação entre todas as escolhas que não são correlacionadas com os pares de variáveis canônicas anteriores ($k - 1$).

Portanto, seguem as combinações lineares:

1º Par

$$U_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 \dots + a_{1p}X_p$$

$$Y_1 = b_{11}Y_1 + b_{12}Y_2 + b_{13}Y_3 \dots + b_{1q}Y_q$$

2º Par

$$U_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 \dots + a_{2p}X_p$$

$$Y_2 = b_{21}Y_1 + b_{22}Y_2 + b_{23}Y_3 \dots + b_{2q}Y_q$$

Kº Par

$$U_k = a_{k1}X_1 + a_{k2}X_2 + a_{k3}X_3 \dots + a_{kp}X_p$$

$$Y_k = b_{k1}Y_1 + b_{k2}Y_2 + b_{k3}Y_3 \dots + b_{kq}Y_q$$

Na forma matricial, elas podem ser representadas por

$$U_1 = a_1'XU_2 = a_2'X \dots U_k = a_k'X$$

$$V_1 = b_1'YV_2 = b_2'Y \dots V_k = b_k'Y$$

Aqui, os λ_k (equação 8) são os autovalores que representam a variância explicada pelas variáveis canônicas. No caso do uso de variáveis padronizadas, então $\Sigma_{11} = R_{11}$, $\Sigma_{22} = R_{22}$ e $\Sigma_{12} = R_{12}$, em que R representa uma matriz de correlações:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} \quad (9)$$

O primeiro passo é a determinação dos autovalores que podem ser obtidos por $|R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21} - \lambda I|$. Na sequência, calculam-se os autovetores (a e b) que seguem diretamente das equações $R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}a = \lambda a$ e $R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}b = \lambda b$.

A primeira correlação canônica entre a combinação linear das características dos grupos I e II é dada por $R_1 = \sqrt{\lambda_1}$, em que λ_1 é o maior autovalor da matriz R que é quadrada e não simétrica. Foram estimados, de ordem correspondente à p -ésima ou à q -ésima correlação estimada, as demais correlações e fatores canônicos a partir dos autovalores e autovetores das expressões descritas.

O critério adotado para verificar a significância da hipótese de que todas as possíveis correlações canônicas são nulas ($H_0 : R_1 = R_2 \dots, R_s = 0$), com $S =$ menor (p ou q) e $n =$ número de observações, foi o teste aproximado de x^2 (Trugilho et al., 2003), dado por

$$x^2 = -[n - 0,5(p + q + 3)] \log_e \left[\prod_{i=1}^s (1 - r_i^2) \right] \quad (10)$$

A estatística está associada a pq graus de liberdade. Se a hipótese é rejeitada, testa-se a

hipótese $H_0 : r_k > 0$ e $r_k + 1 - r_k + 2 = \dots, r_s = 0$, por meio da equação

$$x^2 = -[n - 0,5(p + q + 3)] \log_e \left[\prod_{i=k+1}^s (1 - r_i^2) \right] \quad (11)$$

que está associado a x^2 com $(p - k)(p - k)$ graus de liberdade. Só as raízes estatisticamente significativas foram usadas para os subsequentes estudos sobre pares canônicos.

Os coeficientes de correlação canônica (R) são as raízes quadradas dos autovalores $R = \sqrt{\lambda_k}$ e podem ser interpretados como coeficientes de correlação. Sendo as correlações associadas às variáveis canônicas, elas são chamadas de correlações canônicas. Como índice para controle do grau de correlação canônica entre os dois grupos de variáveis, é usual adotar o maior coeficiente de correlação. Entretanto, as outras variáveis canônicas também podem ser significativas e fornecer interpretações.

Os autovalores (λ) podem ser interpretados como a parcela de variância compartilhada entre as respectivas variáveis canônicas. Os coeficientes de cada função canônica são chamados de coeficientes canônicos (*canonical loading*), que medem a correlação linear simples entre uma variável original observada no grupo I ou II e o par canônico. Esse coeficiente reflete a variância que a variável observada compartilha com o par ou variável canônica. Quanto maior o coeficiente canônico, maior é a importância da variável no grupo.

O quadrado das cargas de correlação canônica pode ser usado para estimar a parcela de variância compartilhada pelas variáveis canônicas em cada grupo. Se o grupo I tem p variáveis e o grupo II tem q variáveis, R^2 é a correlação canônica ao quadrado; multiplicando esse valor pela parcela da variância extraída, obtém-se a estimativa chamada “redundância”, ou seja, quão superpostas são as variáveis dos grupos:

$$\text{Redundância}_{\text{grupo I}} = [\Sigma(\text{cargas}^2_{\text{grupo I}} / p) \times R^2$$

e

$$\text{Redundância}_{\text{grupo II}} = [\Sigma(\text{cargas}^2_{\text{grupo II}} / p) \times R^2$$

A redundância será útil para avaliar a significância prática das raízes canônicas. Com amostras grandes, correlações canônicas próximas de $R = 0,30$ podem ser estatisticamente significativas. O quadrado desse coeficiente ($R^2 = 0,09$), usado na expressão de redundância, indicaria que as raízes canônicas são responsáveis só por um pouco de variabilidade nas variáveis. A avaliação da significância é subjetiva por natureza. Contudo, para avaliar a participação de uma raiz canônica na variância ou nas variáveis, é importante a medida de redundância, ou seja, quanto de variabilidade em um grupo é explicado pelo outro.

Este trabalho usou três métodos para a interpretação das variáveis canônicas: 1) pesos canônicos (coeficientes padronizados); 2) cargas canônicas (correlações estruturais); e 3) cargas cruzadas canônicas.

Resultados e discussão

Caracterização dos perfis técnico e econômico

A Tabela 3 mostra as estatísticas descritivas das variáveis originais, lembrando que as variáveis técnicas estão padronizadas e revelam a proporção de estabelecimentos para cada município estudado. A tecnologia mais empregada é a orientação técnica (34,05% dos estabelecimentos e variação de 46,10%), seguida por crédito agrícola (14,55% e 56,37%). A menos utilizada é a participação em cooperativa (13,61% e 228,99%).

Quanto à variável investimento – que diz respeito à disponibilidade de tratores, implementos, máquinas e veículos, indicativo do capital produtivo dos estabelecimentos nos municípios – existem 2.716 investimentos por estabelecimento na região, com variação de 26,98%. Apesar da quantidade de veículos se destacar na maioria dos estabelecimentos, segundo Castro (2014) apenas 20% dos estabelecimentos possuíam pelo menos um trator em 2006, mesmo

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis do modelo.

Variável original	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
X_1 = Investimento	2.716,812	0,732977	26,98
X_2 = Crédito agrícola	0,145503	0,082026	56,37
X_3 = Cooperativa	0,136075	0,311601	228,99
X_4 = Orientação técnica	0,340497	0,156954	46,09
Y_1 = Receita	653.665,6	920.490,3	140,82
Y_2 = Lucro	351.460,9	841.327	239,38
Y_3 = Produção	7.932,998	11.145,75	140,49
Y_4 = Área de produção	174,1315	286,3877	164,46
Y_5 = Custo médio	52,24552	73,80912	141,27

que de baixa potência – abaixo de 100 cavalos-vapor (CV) –, ou seja, cenário bem próximo da realidade de hoje. Conclui-se, portanto, que parte considerável da região não possui tratores nem implementos.

Dos estabelecimentos estudados, quase dois terços não recebem nenhum tipo de assistência. Além disso, como ocorre nas demais grandes regiões brasileiras, com exceção do Sul, chama a atenção o pequeno número de estabelecimentos que recebem assistência técnica de cooperativas, indício da pouca tradição em associativismo produtivo (Castro, 2014). Os grandes produtores possuem mais facilidade para acessar serviços de assistência técnica oferecidos por empresas privadas, enquanto os pequenos têm maior acesso ao serviço de Ater, com ampla difusão do serviço prestado pelas cooperativas agrícolas.

Apesar dos benefícios da adesão ao sistema de cooperativas agropecuárias em vários aspectos, como acesso ao crédito, acesso à assistência técnica, compra de insumos e venda da produção em melhores condições, a tradição associativista da agricultura regional é pequena (pelo menos quando comparada com a tradição do Sul) (Castro, 2014). Ramos & Vieira Filho (2021), num estudo sobre associativismo e cooperativismo, comprovaram que a região

Centro-Oeste é a que exhibe o menor número de estabelecimentos familiares cooperados.

Lopes et al. (2016) ressaltam que os produtores que não têm acesso fácil à informação e/ou orientação técnica apropriada geralmente encontram dificuldades em cumprir os critérios de elegibilidade para o crédito agrícola. A consequência é que às vezes restam a eles apenas as opções de empréstimos mais limitadas e geralmente mais caras.

Teste de significância, correlações, raízes canônicas e coeficientes brutos (ou originais) das combinações lineares

A Tabela 4 mostra – de acordo com o teste de significância de Bartlett fundamentado no lambda de Wilks – a comprovação de que as funções canônicas foram significantes a 1% quando avaliadas as quatro variáveis canônicas conjuntamente. No entanto, nos testes individualizados para o conjunto de variáveis correlacionadas, a primeira e a segunda funções demonstraram significância em nível de 1%; a terceira exibiu significância a 10%; e só a quarta não foi significativa. Tais resultados confirmam a hipótese de existência de correlação entre o conjunto de variáveis de perfil técnico (independen-

Tabela 4. Teste de significância de Bartlett.

Variável canônica	Estatística	Valor correspondente da aproximação F	Graus de liberdade	Valor p
1 de 4	0,087956	7,4026	20	0,0000 ⁽¹⁾
2 de 4	0,471292	3,0534	12	0,0009 ⁽¹⁾
3 de 4	0,757546	2,1347	6	0,0574 ⁽¹⁾
4 de 4	0,990162	0,2186	2	0,8045

⁽¹⁾ Significante a 10%.

dentes) e o conjunto de variáveis relativas ao perfil econômico (dependentes).

Verificada a existência de relação linear entre os conjuntos de variáveis dos perfis técnico e econômico, é essencial avaliar a correlação canônica que mede a força de associação entre os dois conjuntos de variáveis ou o grau com que eles são linearmente correlacionados. As raízes canônicas (R^2), também conhecidas como autovalores, mostram a variância compartilhada entre os conjuntos de variáveis consideradas dependentes e explicativas (Fialho et al., 2016).

Os resultados da Tabela 5 mostram que a primeira função (par) canônica do conjunto de variáveis apresentou a maior correlação (0,9018), com a raiz canônica (R^2) correspondente a 0,8134; 0,3779 para a segunda função; e 0,2349 para a terceira. Isso significa que as variáveis canônicas independentes compartilham 81,34% das variáveis canônicas dependentes na primeira função, 37,79% na segunda e 23,49% na terceira. Similarmente, a variável canônica relacionada ao perfil tecnológico compartilha do mesmo percentual da variância da variável canônica do perfil econômico. A função quatro, além de não

Tabela 5. Correlações e R^2 canônicos.

Funções canônicas	Correlações canônicas	R^2 canônico
1	0,9018	0,8134
2	0,6150	0,3779
3	0,4847	0,2349
4	0,0989	0,0098

apresentar significância estatística ao nível de 5%, exibe R^2 também menor do que 10%.

Em síntese, só as três primeiras funções canônicas demonstraram significância estatística, o que confirma a hipótese de correlação. Conseqüentemente, as raízes canônicas apresentaram uma boa variância compartilhada até a terceira função. Além disso, importa ponderar que uma alta correlação canônica não é suficiente para que a relação linear entre as variáveis seja validada; são necessários outros indicadores que possam confirmar a predição (Fialho et al., 2016).

Constatada a significância da relação canônica e que os valores da raiz canônica são admitidos como válidos para a primeira, a segunda e a terceira funções, deve-se avaliar a importância relativa de cada variável, o que geralmente é feito por meio dos pesos canônicos (coeficientes padronizados) das cargas canônicas e das cargas canônicas cruzadas. Portanto, na análise desses indicadores, as três primeiras dimensões canônicas serão consideradas, já que foram elas que, para quaisquer das variáveis dependentes consideradas, apresentaram correlações canônicas mais expressivas.

Os coeficientes padronizados indicam o quanto uma variável contribui para a formação da variável canônica e são similares aos coeficientes padronizados de uma regressão múltipla (Fávero et al., 2009).

Conforme a Tabela 6, que mostra os coeficientes brutos das variáveis canônicas significativas, para o perfil técnico a variável investimento

Tabela 6. Coeficientes padronizados das variáveis canônicas.

Variável canônica	Perfil técnico		
	U ₁	U ₂	U ₃
X ₁ = Investimento	1,0026	-0,4086	-0,5761
X ₂ = Crédito agrícola	0,3464	1,1397	0,0828
X ₃ = Cooperativa	-0,4297	-0,5340	1,1008
X ₄ = Orientação técnica	0,0078	-0,1110	0,3341

Variável canônica	Perfil econômico		
	V ₁	V ₂	V ₃
Y ₁ = Receita	1,6910	-1,4827	4,1612
Y ₂ = Lucro	-1,2005	2,1849	-3,3613
Y ₃ = Produção	-0,2613	0,3624	-1,4777
Y ₄ = Área de produção	0,5338	0,3139	-0,8553
Y ₅ = Custo médio	-0,0919	-0,2426	-0,5376

é mais expressiva na formação da primeira função canônica; o crédito agrícola, na segunda; e a cooperativa, na terceira; para o perfil econômico, a receita tem destaque na formação da primeira e terceira funções; e o lucro, na segunda.

Correlações entre variáveis originais e variáveis canônicas (cargas canônicas ou correlações estruturais e cargas canônicas cruzadas)

As cargas canônicas medem a correlação linear entre as variáveis dependentes ou independentes, bem como suas respectivas variáveis canônicas, refletindo, dessa forma, a variância que determinada variável compartilha com seu conjunto. Segundo Rocha & Campos (2021), quando as cargas canônicas possuem o mesmo sinal nas mesmas variáveis na primeira função canônica, há um indicativo de correlação positiva entre as variáveis. No caso em questão, possivelmente as variáveis com sinais negativos serão inversamente proporcionais na primeira variável canônica.

Pelos resultados da Tabela 7, as variáveis das cargas canônicas mais importantes no con-

junto canônico independente, ou seja, relacionado ao perfil técnico, foram investimento e orientação técnica na primeira variável canônica. Na segunda, os resultados evidenciam que o investimento está correlacionado negativamente com o crédito agrícola e positivamente com a cooperativa e orientação técnica, mas as cargas canônicas referente à cooperativa e à orientação técnica foram baixas. Na terceira, a cooperativa e o crédito agrícola se destacam.

As cargas canônicas cruzadas seguem a mesma tendência das cargas canônicas, em que as mesmas variáveis tiveram representatividade, ou seja, a única diferença é a redução das taxas de correlação em comparação ao primeiro grupo. Quanto à variação explicada, ela é mais expressiva para a primeira função (39,45%), seguida pela terceira (29,98%) e pela segunda (14,89%), o que significa que o nível tecnológico traduz mais fortemente as variáveis crédito agrícola, investimento e cooperativa do que a variável orientação técnica.

Na Tabela 8, as variáveis das cargas canônicas mais importantes no conjunto canônico dependente, isto é, relacionado ao perfil eco-

Tabela 7. Cargas canônicas estruturais e cruzadas das variáveis técnicas do modelo.

Variável canônica	Correlação entre variáveis originais e canônicas do primeiro grupo (cargas canônicas)			Correlação entre variáveis originais e canônicas do segundo grupo (cargas canônicas cruzadas)		
	U ₁	U ₂	U ₃	V ₁	V ₂	V ₃
X ₁ = Investimento	0,9246	-0,3052	0,2092	0,8338	-0,1877	0,1014
X ₂ = Crédito agrícola	0,5121	0,6755	0,5242	0,4618	0,4151	0,2541
X ₃ = Cooperativa	0,2543	-0,1710	0,9145	0,2294	-0,1051	0,4433
X ₄ = Orientação técnica	0,6295	-0,1308	0,2108	0,5677	-0,0804	0,1022
Variância explicada (%)	39,45	14,89	29,98			

Tabela 8. Cargas canônicas estruturais e cruzadas das variáveis econômicas do modelo.

Variável canônica	Correlação entre variáveis originais e canônicas do segundo grupo (cargas canônicas)			Correlação entre variáveis originais e canônicas do primeiro grupo (cargas canônicas cruzadas)		
	V ₁	V ₂	V ₃	U ₁	U ₂	U ₃
Y ₁ = Receita	0,6526	0,5894	0,3739	0,5884	0,3632	0,1812
Y ₂ = Lucro	0,2979	0,8608	0,3001	0,2687	0,5292	0,1455
Y ₃ = Produção	0,5077	-0,1600	0,0520	0,4579	-0,0983	0,0252
Y ₄ = Área de produção	0,8111	-0,0589	-0,5132	0,7315	-0,0362	-0,2487
Y ₅ = Custo médio	0,5025	-0,2868	-0,1688	0,4532	-0,1763	-0,0817
Variância explicada (%)	33,66	23,99	10,49			

nômico, foram área de produção e receita, seguidas por produção e custo médio, na primeira variável canônica. Na segunda, observa-se que o lucro está correlacionado positivamente com a receita e negativamente com o custo médio, produção e área de produção. Já na terceira, a produção deixou de se correlacionar negativamente com a receita, e o lucro e passou a se correlacionar negativamente com o custo médio e a área de produção. Apesar de ser esperado que o maior poder de explicação viesse da primeira variável canônica, na variável lucro essa maior representação foi observada na segunda e na terceira variáveis canônicas. Observa-se também que as cargas canônicas referentes à receita e ao lucro apresentaram os mesmos sinais. Esse resultado é um indicativo de que quanto maiores

a receita e o lucro, menor serão o custo médio e a área de produção.

As cargas canônicas cruzadas seguem o mesmo padrão das cargas canônicas, já que as mesmas variáveis sofreram redução em suas taxas de correlação em comparação ao primeiro grupo. Observa-se que as variáveis receita e lucro são mais relevantes na variável estatística canônica dependente, seguidas por área de produção, produção e custo médio.

Análise de redundância

O principal objetivo da técnica de correlação canônica é a maximização da correlação entre as composições lineares das variáveis dependentes e independentes, e não o total de

variância em um vetor de variáveis gerado por outro vetor de variáveis. Portanto, é necessário o cálculo de uma medida de redundância para cada correlação canônica. Segundo Hair Jr. et al. (2009), nenhuma orientação generalizada foi estabelecida sobre o índice de redundância mínimo aceitável, devendo o pesquisador, na avaliação das funções canônicas, julgar sua significância teórica e prática.

Conforme mostra a Tabela 9, a medida de redundância de 0,2738 implica que, para a primeira correlação canônica, 27,38% da variância nas variáveis dependentes (perfil econômico) é gerada pelas variáveis independentes (perfil técnico). A medida de redundância total das variáveis dependentes apresentou valor de 0,3891, ou seja, as variáveis econômicas influenciam 38,91% da variação das variáveis tecnológicas, mas grande parte dessa variância decorre da primeira carga canônica, influenciada principalmente pela área de produção e receita.

Considerações finais

Os grupos de variáveis de perfis técnico e econômico são interdependentes, fortemente influenciados uns pelos outros. O perfil técnico é mais fortemente representado pelo investimento, pela orientação técnica e pelo crédito agrícola, respectivamente, do que pela variável cooperativa. Assim, quanto maior o poder de investimento, maior é o acesso a cooperativas e à orientação técnica e menor é o acesso ao crédito agrícola. Logo, a participação em cooperativas tem mais influência na aquisição de créditos do que no acesso à orientação técnica e a investimentos.

As operações de crédito são realizadas por bancos públicos federais, bancos privados, bancos cooperativos e cooperativas de crédito. Há uma tendência de maior acesso a créditos agrícolas e de menor investimentos por estarem associados com cooperativas e orientação técnica. Os recursos quase sempre são destinados para custeio (compra de sementes, fertilizantes, preparo do solo), investimento (adquirir máquinas e equipamentos), comercialização (venda da produção), industrialização (beneficiar o produto) e para aquisição de novas áreas.

Já o perfil econômico é intensamente influenciado pela receita, pelo lucro, pela área (de produção), pela produção e, por fim, pelo custo médio. Sobretudo, quanto maior for a receita, menor será o custo médio. Logo, é esperado que, na região, as propriedades maiores apresentem maior receita e menor custo médio.

A capacidade gerencial na gestão do negócio pecuário envolve planejamento, direção e controle dos processos da atividade, bem como a alocação dos recursos produtivos de maneira racional para a eficiência técnica e econômica do sistema de produção. Assim, não se permite que o aumento de custo unitário diminua sua vantagem competitiva, uma vez que baixo custo unitário significa uma vantagem competitiva no mercado e, por consequência, mais receita.

O uso de tecnologias permite aumentar produtividade e, conseqüentemente, reduzir o custo médio unitário. É por esse motivo que as propriedades mais tecnificadas são as mais competitivas. Apesar de maior necessidade de desembolsos para investimento, a intensificação proporciona à atividade lucro operacional (mar-

Tabela 9. Cálculo da medida de redundância.

Variável canônica	Correlação canônica	Variância média	Variância compartilhada	Medida de redundância
1	0,9019	0,3366	0,8134	0,2738
2	0,6147	0,2399	0,3779	0,0907
3	0,4847	0,1049	0,2349	0,0246
Medida de redundância total				0,3891

gem líquida), isto é, a receita total paga todos os custos operacionais variáveis e fixos (inclusive depreciações). Com isso, obtém-se maior receita e menos custo médio, deixando a atividade viável economicamente.

Nesse sentido, políticas públicas para acesso ao crédito aos pecuaristas de menor poder de investimento são de fundamental importância para o crescimento do setor na região. O perfil econômico mostrou que o setor pecuarista é fortemente influenciado pelo lucro e pela receita, associados ao uso de tecnologias, que aumenta não só a lucratividade, mas também a competitividade.

Referências

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Novo Fórum do Agronegócio representa meio trilhão de reais em receitas**. 2021. Disponível em: <<http://abiec.com.br/novo-forum-do-agronegocio-representa-meio-trilha-de-reais-em-receitas>>. Acesso em: 2 jan. 2022.
- ALMEIDA, R.G. de; MEDEIROS, S.R. de. Emissão de gases de efeito estufa em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. de (Ed.). **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p.97-116.
- ANDERSON, T.W. **An Introduction to Multivariate Statistical Analysis**. 2th ed. New York: J. Wiley & Sons, 1984. p.439-449.
- CARVALHO, T.B. de.; ZEN, S. de. A cadeia de pecuária de corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, v.3, p.85-99, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.85>.
- CASTRO, C.N. de. **A agropecuária na região Centro-Oeste: limitações ao desenvolvimento e desafios futuros**. Rio de Janeiro: Ipea, 2014. (Ipea. Texto para discussão, 1923). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2655/1/TD_1923.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2022.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2018**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 2 jan. 2022.
- COUTO, G.R. **Produção de bovinos de corte para atender o mercado de carne gourmet**. Orientador: Verner Eichler. 2020. 79p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/335/1/TCC%20GIOVANNA%20RODRIGUES%20COUTO.pdf>>. Acesso em: 1 fev. 2022.
- FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L. da; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- FIALHO, T.M.M.; JAYME JR., F.G.; HERMETO, A.M. Desenvolvimento do sistema financeiro e pobreza no Brasil: uma análise multivariada. **Economia e Sociedade**, v.25, p.247-278, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2016v25n1art9>.
- HAIR JR., J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.
- HAIR JR., J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censoagropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 24 dez. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 fev. 2022.
- KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary: SAS Institute Inc., 2000.
- KICHEL, A.N.; BUNGENSTAB, D.J.; ZIMMER, A.H.; SOARES, C.O.; ALMEIDA, R.G. de. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2012. p.1-10.
- LOPES, D.; LOWERY, S.; PEROBA, T.L.C. Crédito rural no Brasil: desafios e oportunidades para a promoção da agropecuária sustentável. **Revista do BNDES**, v.45, p.155-196, 2016. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9518/1/5-%20Cr%C3%A9dito%20rural%20no%20Brasil%20desafios%20e%20oportunidades%20para%20a%20promo%C3%A7%C3%A3o%20da%20agropecu%C3%A1ria%20sustent%C3%A1vel.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2022.
- MAURO, R.A.; CALAÇA, M. **A expansão do agronegócio no Centro-Oeste brasileiro**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 8.; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 9., 2017, Curitiba. **Geografia das redes de mobilização**

social na América Latina: resistência e rebeldia desde baixo nos territórios de vida. Curitiba: [s. n.], 2017. SINGA2017. Disponível em: <https://singa2017.files.wordpress.com/2017/12/gt08_1506869546_arquivo_trabalhocompleto-singa-20173-docx-revk.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada:** uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL. Rio de Janeiro: IBGE, v.48, p.1-12, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2020_v48_br_informativo.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2022.

RAMOS, E.B.T.; VIEIRA FILHO, J.E.R. **Cooperativismo e associativismo na produção agropecuária de menor porte no Brasil.** Rio de Janeiro: Ipea, 2021. (Ipea. Texto para discussão, 2693). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/210923_td_2693.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2022.

ROCHA, T.V.; CAMPOS, K.C. Perfil modernizador do agricultor no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, ano30, p.106-117, 2021.

SILVA, M.C. da; BOAVENTURA, V.M.; FIORAVANTI, M.C.S. História do povoamento bovino no Brasil Central. **Revista UFG**, ano13, p.34-41, 2012.

TEIXEIRA, J.C.; HESPANHOL, A.N. A trajetória da pecuária bovina brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, v.1, p.26-38, 2014.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MORI, F.A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v.9, p.81-91, 2003. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74409108>>. Acesso em: 5 fev. 2022.

VIEIRA FILHO, J.E.R. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil:** desafios e perspectivas. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. (Ipea. Texto para discussão, 2223). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2223.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2022.

WALENDORFF, R. **Indústria de carnes já prevê embarques de US\$ 10bi em 2022.** 2022. Disponível em: <<http://abiec.com.br/industria-de-carnes-japreve-embarquesde-us-10bi-em-2022>>. Acesso em: 5 fev. 2022.

O desenho institucional do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária¹

Igor de Aragão²

Resumo – O objetivo deste estudo foi apresentar as principais oportunidades e desafios do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária brasileiro, destacando o arranjo institucional produzido desde a década de 1970, com base em dados qualitativos e quantitativos. Esse esforço se justificou pela escassez de análise descritiva sobre sistemas de inovação em agropecuária no Brasil e pela importância do tema para o progresso econômico e social. Para tanto, fez-se ampla pesquisa bibliográfica e levantamento de dados relacionados às organizações que promovem o desenvolvimento técnico e científico do setor, com especial destaque à Embrapa. A análise mostra que o projeto inicial, formulado para o setor de pesquisa agropecuária na década de 1970, ainda não foi implementado e que o desenho institucional vigente não é capaz de integrar e coordenar as organizações públicas de P&D agropecuário, de assimilar a difusão tecnológica como parte de um processo contínuo de inovação nem de incorporar os agentes privados ao sistema nacional de inovação. Além disso, a Embrapa carece dos instrumentos de coordenação do sistema e vem, ao longo do tempo, perdendo capacidade de financiar o desenvolvimento científico agropecuário. Há iniciativas legislativas que enfrentam uma parte dos problemas apontados, mas que precisam ser aperfeiçoadas.

Palavras-chave: P&D agrícola, política pública de ciência e tecnologia, sistemas de inovação.

The institutional design of the Brazilian system of agricultural research

Abstract – The objective of this study was to present the main opportunities and challenges of the Brazilian agricultural research system, highlighting the institutional arrangement produced since the 1970s, based on qualitative and quantitative data. This effort was justified by the scarcity of descriptive analysis on innovation systems of agriculture in Brazil, and by the importance of the topic for economic and social progress. To this end, an extensive bibliographic searching and data collection related to organizations that promote technical and scientific development of the sector were carried out, with special emphasis on Embrapa. The analysis shows that the initial project formulated for the agricultural research sector in the 1970s has not been implemented yet, and that the current institutional design is not capable of: integrating and coordinating public organizations of agricultural R&D; assimilating technological diffusion as part of a continuous innovation process; and incorporating private agents into the national innovation system. In addition, Embrapa lacks the system's coordination instruments and, over time, it has been lost its ability to finance agricultural scientific development. There are legislative initiatives that face part of the mentioned problems; however, such propositions still need to be improved.

Keywords: agricultural R&D, public policy on science and technology, innovation systems.

¹ Original recebido em 2/9/2022 e aprovado em 4/10/2022.

² Doutorando em Direito. E-mail: igordearagao@gmail.com

Introdução

O setor agrícola já foi descrito como rudimentar e desprovido de agregação de valor. Essa caracterização deveu-se ao fato de que até o fim do século 19 quase todo o aumento da produção agropecuária era decorrente do aumento correspondente da área cultivada, ou seja, os fatores de produção centrais para a atividade econômica rural eram a terra e o trabalho.

Entretanto, o cenário começa a mudar no século 20 e, nos últimos anos do período, a maior causa do aumento da produção agropecuária, tanto no Brasil quanto no mundo, foi o uso intensivo da tecnologia ao longo de toda a cadeia produtiva. Estima-se que a relação entre a agricultura menos e a mais produtiva passou de 1 contra 10 no início do século para 1 contra 500 no fim do século 20 (Mazoyer & Roudart, 2010)³.

Se a agricultura do início do século 20 se sustentava em técnicas tradicionais e em equipamentos manuais, como enxadas, pás, facas e facões, o agronegócio, que se desenvolveu ao longo do século, passou a adotar as seguintes inovações: a) elevada motorização e mecanização; b) seleção de variedades de plantas e de raças de animais com alto potencial de rendimento; c) ampla utilização de fertilizantes e de alimentos concentrados para o gado; e d) amplo emprego de produtos de tratamento agroquímico e agrobiológico (Mazoyer & Roudart, 2010).

A tecnologia foi o grande responsável pelo crescimento expressivo da produção global de alimentos e continua sendo o fator de produção mais importante para a competitividade do setor. Diversos estudos têm estimado que as taxas de retorno médias da pesquisa e desenvolvimento (P&D) no setor agropecuário variam entre 40% e 60% ao ano e que não há nenhuma evidência de sua redução ao longo do tempo (Alston, 2000).

Os resultados do paradigma tecnológico na agricultura são contraditórios. Ao mesmo tempo que essa transformação de paradigma tecnológico, a Revolução Verde, contribuiu de-

cisivamente para a redução global da pobreza, alimentando milhões de pessoas a preços muito mais acessíveis e evitando a conversão de milhares de hectares de terra em áreas desmatadas (Pingali, 2012), o meio rural ainda é o espaço de maior concentração da miséria e da fome.

Mesmo com todo o avanço técnico-científico, muitas áreas rurais no planeta persistem no uso de técnicas rudimentares para a produção agrícola, e "[...] o cultivo estritamente manual, pouquíssimo eficiente, [ainda] predomina [...] nos países em desenvolvimento [...]" (Mazoyer & Roudart, 2010, p.500).

Assim, a continuidade da condição de pobreza de muitos trabalhadores rurais pode ser entendida com base na chave do progresso desigual. Ou seja, com o aumento exponencial da produção de alimentos, os preços unitários sofreram reduções significativas, acarretando a redução das receitas, do lucro e da capacidade de sustento da agricultura extensiva.

A partir desse diagnóstico, constituiu-se entre os gestores públicos e as lideranças políticas a percepção de que o desenvolvimento econômico e social passava necessariamente pelo progresso científico do setor agrícola e de que a superação da pobreza e a garantia da segurança alimentar dependiam da difusão tecnológica, principalmente entre os pequenos agricultores. Com isso, os estados nacionais passaram a desenhar e a implementar políticas públicas de P&D agrícola.

As políticas públicas de P&D agrícola em âmbito internacional

Depois da 2ª Guerra Mundial, os economistas e gestores públicos começaram a dedicar maior atenção ao papel da tecnologia no desenvolvimento nacional. É com a difusão do pensamento de Joseph Schumpeter que o desenvolvimento econômico passa a ser visto não mais com a manutenção do fluxo circular e do

³ Os autores calculam a produtividade líquida por trabalhador em tonelada de grãos.

estado de equilíbrio, mas como a sua ruptura (Schumpeter, 1982).

Nessa perspectiva, a descontinuidade seria um elemento central do progresso econômico. A inovação e o empreendedorismo seriam os elementos centrais, já que teriam a capacidade de provocar um processo de destruição criadora.

Para Schumpeter (2017), no capitalismo o impulso fundamental que mantém em funcionamento o sistema produtivo decorre essencialmente dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela atividade empresarial.

Sob a influência desse marco teórico e de novas bases intelectuais, os estados nacionais passaram a assumir a responsabilidade por conduzir ou fomentar esse processo disruptivo, orientando a atividade econômica por meio de grandes investimentos em ciência e tecnologia.

No setor agrícola, esse paradigma conceitual gerou importantes repercussões. A partir da experiência internacional, em especial dos trabalhos de Norman Borlaug no México⁴, organizações internacionais e governos nacionais começaram a estruturar sistemas de pesquisa agropecuária em âmbito nacional e em escala global.

Os sistemas nacionais de pesquisa agropecuária: um modelo linear

A partir da década de 1950, começaram a ser organizados os primeiros modelos de desenvolvimento agrícola baseados em sistemas nacionais de pesquisa agropecuária. Eles seriam constituídos a partir dos investimentos públicos em grandes centros de pesquisa que contariam com destacada estrutura física, equipamentos e recursos humanos (World Bank, 2007).

No momento inicial, o modelo inovativo era pensado de maneira linear, ou seja, o desenvolvimento científico era entendido à luz de um paradigma industrial fordista. Nesse sentido, o processo de produção de ciência e tecnologia seria uma linha de produção, em que, para a obtenção do *output* da inovação, seria suficiente a multiplicação da pesquisa básica.

Essa concepção procedimental era ainda combinada com uma matriz de gestão centralizada, na qual a decisão era tomada pelas autoridades superiores em uma estrutura *top-down* (OECD, 2003). Isso significa que os objetivos, as metas e os instrumentos de pesquisa eram decididos pelo alto escalão do governo, frequentemente por tecnocratas. E, partir dessa definição, instituições públicas não universitárias recebiam um alto nível de financiamento institucional para a condução das pesquisas necessárias.

Por décadas, em um contexto no qual a esmagadora maioria dos agricultores eram pessoas com pouca ou nenhuma formação acadêmica, e os objetivos institucionais das políticas públicas se resumiam ao aumento da produção de bens básicos, esse desenho institucional apresentou um relativo grau de sucesso.

Entretanto, a partir das décadas de 1980 e 1990, em um contexto de intensificação da integração econômica e de especialização do meio rural, os resultados dessa política pública começaram a se mostrar insuficientes e insatisfatórios (World Bank, 2007).

Começou-se a perceber a necessidade de que a pesquisa passasse a ser conduzida a partir da demanda efetiva dos agricultores e do mercado, incorporando ainda a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental. Nesse contexto, foi se delineando um modelo de P&D fundamentado em processos interativos e com a

⁴ Norman E. Borlaug foi personagem central da Revolução Verde e ganhou o prêmio Nobel da Paz em 1970 por seu trabalho com o desenvolvimento da agricultura no mundo. Ficou famoso pelo desenvolvimento e implementação de culturas de trigo no México, tendo também trabalhado com cientistas indianos e paquistaneses no desenvolvimento do trigo na Ásia meridional. Foi diretor do Programa Internacional de Melhoramento do Trigo. Para mais informações, ver: <<https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1970/borlaug/biographical>>.

ampla participação de diversos atores (Janssen & Braunschweig, 2003).

As limitações e deficiências do modelo linear já haviam sido expostas pelo Projeto SAPPHO, realizado sob a coordenação de Chris Freeman na Universidade de Sussex. Nessa experiência, foram comparadas 50 inovações bem-sucedidas com invenções que não obtiveram êxito. Os resultados mostraram que os principais atributos dos casos de sucesso eram as ligações das equipes de pesquisa com fontes externas, enquanto os casos de insucesso eram caracterizados por falhas de comunicação com os demais agentes sociais (Cassiolato & Lastres, 2005).

A transição para sistemas de inovação: o modelo não linear

A partir da década de 1990,

[...] a inovação passou a ser vista não como um ato isolado, mas sim como um processo de aprendizado não-linear, cumulativo, específico da localidade e conformado institucionalmente (Cassiolato & Lastres, 2005, p.35).

Com isso, o paradigma institucional e regulatório das políticas públicas de ciência e tecnologia passou também por severas mudanças.

Buscando atender a uma economia mais flexível, globalizada e disruptiva, os sistemas de P&D são atualmente pensados e articulados à luz de um modelo não linear de desenvolvimento tecnológico no qual o objetivo central deixa de ser a descoberta científica e passa a ser o desenvolvimento de inovações. Estas, por sua vez, podem desempenhar três efeitos: a) o aumento da capacidade produtiva; b) a diversificação dos produtos e dos mercados; e c) a agregação de valor ao longo de qualquer etapa da cadeia de produção (Barghouti et al., 2004).

Não há aqui uma ruptura completa com o modelo anterior. Há mudanças que distinguem as simples invenções e descobertas das verdadeiras inovações e que reconhecem a importância da relação entre tecnologia e sistema

produtivo, dando centralidade às interações externas e à demanda efetiva pelos agentes sociais para a construção de um ambiente inovativo.

Isso decorre do fato de que a produção agropecuária está cada vez mais integrada em uma sofisticada cadeia de valor, em que, a montante, há uma série de insumos como sementes melhoradas e produtos agroquímicos e agrobiológico e, a jusante, *tradings* globais e agroindústrias, principalmente as indústrias de alimentos. Cada etapa dessa longa e complexa cadeia de valor apresenta oportunidades de ganhos de eficiência importantes.

Nesse paradigma não linear, o desenvolvimento da capacidade de inovação de um sistema envolve duas atividades: a primeira é a de criar redes de pesquisadores em torno de temas específicos, e a segunda é a de construir vínculos entre as redes para que a pesquisa possa ser usada em inovações rurais (Hall et al., 2001).

A valorização das redes de inovação decorre do reconhecimento da importância do conhecimento tácito no desenvolvimento e difusão de tecnologias. Como a transmissão completa de informações é extremamente difícil, é necessária a construção de um ambiente que promova não uma interação pontual, mas contínua e que permita a transferência de competências práticas.

Por fim, um eixo central é a incorporação de novos atores às redes de informação. É necessário que, além das organizações de pesquisa pública, participem os serviços técnicos e de extensão, as instituições de desenvolvimento e fomento, os empreendedores privados e produtores de toda a cadeia de valor. Essa indispensabilidade decorre do fato de que a maioria dos problemas não pode ser resolvida por apenas um ator (World Bank, 2007).

A trajetória brasileira e a transição incompleta

O Brasil, com uma das maiores áreas de terras agricultáveis do planeta e uma sólida tradição agropecuária, participou ativa e destacadamente

do processo de transição para uma agricultura moderna e intensiva em capital e tecnologia. Para isso, o Estado brasileiro implementou um conjunto de políticas públicas cuja estratégia regulatória pode ser dividida em três fases.

O início da pesquisa agropecuária brasileira

No Brasil, foi a partir da segunda metade do século 19 que diversos institutos e escolas de agricultura e agronomia foram criados. O exemplo de maior destaque foi a fundação do Instituto Agrônomo de Campinas, inicialmente nomeado de Estação Agrônoma de Campinas, em 1887, por decisão do imperador Dom Pedro II.

Tal iniciativa foi fundamental para o crescimento da cafeicultura no Estado de São Paulo ao longo de todo o período que se seguiu. Além disso, foi inaugurado o paradigma de que o desenvolvimento da agricultura dependia não só do aumento da área cultivada, mas também do crescimento da produtividade (Pereira & Castro, 2017).

Entretanto, essas entidades foram pensadas e instituídas de maneira dispersa e desarticulada, restringindo a abrangência à esfera regional e desenvolvendo pesquisas voltadas para a agricultura local, prescindindo de escalabilidade e de um ambiente de inovação mais sólido. Seria necessário aumentar muito o investimento em P&D, articulando esses esforços com uma estratégia nacional de desenvolvimento e ocupação do espaço para que a agropecuária brasileira conseguisse atingir outro patamar.

Diante da constatação de que o modelo era extremamente limitado, em meados do século 20, os gestores públicos e lideranças políticas perceberam que seria necessário um aumento substantivo do investimento em P&D, articulado a uma estratégia de desenvolvimento nacional e de ocupação do território para que a agropecuária brasileira conseguisse atingir um patamar de desenvolvimento compatível com as necessidades da urbanização e da industrialização pela qual passava o País.

A construção do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária

A estratégia de desenvolvimento da agricultura brasileira que efetivamente lançou as bases fundamentais da agricultura moderna nasceu na década de 1960, sendo claramente inspirada no modelo norte-americano e fundada em um tripé indissolúvel: crédito rural subsidiado, extensão rural e pesquisa agrícola por instituições públicas (Buainain et al., 2013).

Diante da constatação de que a agricultura nacional precisava ser intensamente modernizada por meio da intensificação do uso de novas tecnologias, foi instituído um grupo de trabalho pelo então Ministro da Agricultura, Luís Fernando Cirne Lima. Tal iniciativa resultou na publicação, em 1972, do Livro Preto, um relatório contendo as sugestões para a formação de um Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA) no Brasil (Sugestões..., 2006).

A principal medida a ser implementada seria a criação de uma empresa pública responsável pela P&D da agropecuária no Brasil. Assim, em 1973, foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com as finalidades de promover, estimular, coordenar e executar as atividades de pesquisa para o desenvolvimento agrícola do País e de dar apoio técnico e administrativo a órgãos do Poder Executivo no setor agrícola (Brasil, 1973).

Como se vê, nesse caso, a atuação direta do Estado não se resumia à operação econômica de provisão de bens e serviços. Existia também um forte viés regulatório na medida em que tentava influenciar o comportamento econômico dos agentes privados, promovendo a aproximação entre os interesses estratégicos nacionais e a atuação dos produtores rurais.

Uma das maiores conquistas da Embrapa foi a absorção, a apropriação e a adaptação das técnicas e tecnologias agrônomicas estrangeiras à produção nacional. Para isso, a Empresa contou com uma estratégia própria de internacionalização da pesquisa brasileira, enviando em 1973 e 1974 cerca de 140 pesquisadores para a reali-

zação de cursos de pós-graduação no exterior (Cabral, 2005).

Também é interessante notar a estrutura administrativa da Embrapa e o modelo de departamentalização adotado. Foi desenvolvido, ainda nos seus primeiros anos de funcionamento, um modelo organizacional multifuncional em que as unidades centralizadas ficariam responsáveis pelo planejamento, estratégia, direção e suporte, enquanto as unidades descentralizadas, pela pesquisa científica (Embrapa, 2020).

A prática internacional mais comum é a da estruturação administrativa baseada na departamentalização divisional em regiões geográficas. Esse modelo, por exemplo, é adotado pela Agricultural Research Service, dos Estados Unidos, que é departamentalizada a partir da divisão das unidades de pesquisa em cinco grandes áreas geográficas⁵.

Nesse modelo mais tradicional, cada divisão é uma unidade autocontida e autossuficiente, ou seja, cada divisão possui todos os departamentos funcionais necessários para gerar o resultado, havendo também duplicidade de esforços e recursos na estrutura produtiva (Chiavenato, 2004).

De maneira distinta, o modelo organizacional escolhido pela Embrapa foi além do paradigma clássico e adotou uma abordagem híbrida capaz de estimular a flexibilidade e a horizontalidade das equipes de pesquisa; para tanto, as unidades descentralizadas foram divididas em três categorias: a) de produtos; b) de temas básicos; e c) ecorregionais.

Para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa, elas poderiam se articular e cooperar, com base na pertinência temática de cada uma, em relação ao produto final. Com isso, os conhecimentos desenvolvidos em um projeto de pesquisa poderiam ser mais facilmente empregados em outros projetos similares. Esse modelo foi também adotado no Canadá e parece mais promissor e interessante do que o modelo tradicional de departamentalização regional, uma

vez que amplia o efeito de *spillover* da ciência desenvolvida por outras equipes.

A aposta na pesquisa agropecuária como ferramenta central de desenvolvimento não se restringiu ao Brasil, devendo ser entendido como um fenômeno global que ganhou tração entre 1970 e 1985. Ao longo da década de 1970, o investimento em pesquisa agrícola cresceu, em média, 6% ao ano nos países em desenvolvimento, sendo, entretanto, acompanhado, na década seguinte, de uma redução do crescimento ou até mesmo do declínio dos investimentos, principalmente na América Latina e África (Byerlee, 1998).

A pesquisa agropecuária brasileira a partir da década de 1990

Apesar das restrições orçamentárias, a pesquisa brasileira na década de 1990 foi marcada por certa institucionalização formal do aparato edificado nas décadas anteriores. Esse processo começou com a Constituição de 1988, que reservou um capítulo inteiro para a política agrícola e fundiária, tema até então inédito em um texto constitucional. A fim de regular esse assunto em nível infraconstitucional, foi aprovada a Lei nº 8.171/1991, que dispôs sobre a política agrícola brasileira (Brasil, 1991).

Com o novo texto legal, foi autorizada a criação do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária, sob coordenação da Embrapa. Entretanto, é importante destacar que a proposta original de criação do SNPA, feita cerca de 20 anos antes pelo grupo de trabalho do Ministério da Agricultura, em nada se parecia com o marco regulatório aprovado na década de 1990.

A recomendação inicial previa que o sistema fosse estruturado por um Conselho Nacional de Pesquisa Agropecuária, como principal instrumento de coordenação em nível nacional. O seu objetivo seria coordenar de forma intensa e racional as demais organizações de pesquisa agropecuária, de modo a gerar cooperação, colaboração e coesão entre as unidades.

⁵ Midwest Area, Northeast Area, Pacific West Area, Plains Area e Southeast Area.

Ao contrário, a lei aprovada pouco dispôs sobre a estrutura regulatória do SNPA e basicamente estabeleceu diretrizes, centralizando todas as atribuições de coordenação do sistema na Embrapa – a empresa pública responsável pela operacionalização das pesquisas agropecuárias.

Com o tempo, a Embrapa se consolidou como a instituição de pesquisa agropecuária hegemônica no Brasil. Seu orçamento, corpo técnico e profissional e instalações são singulares entre as organizações públicas similares e congêneres que promovem a inovação no meio rural. Nesse contexto, as organizações estaduais foram paulatinamente assumindo um papel periférico na P&D.

De acordo com o Conselho Nacional das Entidades Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Consepa, 2022), de janeiro de 2022, no Brasil há apenas 17 entidades estaduais integrantes do SNPA – isso mostra como a P&D agrícola estadual é ainda precária e pulverizada.

Com exceção do Estado de São Paulo, que possui a Agência Paulista de Tecnologia Agropecuária, à qual se vinculam sete institutos de pesquisas, incluindo o Instituto Agrônomo de Campinas, todas as demais entidades estaduais combinam baixa capacidade operacional e modesto orçamento.

Há ainda uma percepção, por parte dos agentes estaduais, de que a Embrapa poderia ser encarada como um substituto à produção de soluções pelas organizações estaduais de pesquisa agropecuária (CGEE, 2006). Isso explicaria o motivo de, mesmo em regiões onde a agricultura tem grande peso econômico, haver um evidente desprestígio às organizações estaduais.

Nos últimos anos, em decorrência da crise fiscal que acometeu a grande maioria dos governos estaduais, duas instituições de pesquisa agropecuária foram extintas: a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola e a Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul.

Os principais desafios da política de P&D para o setor agrícola no Brasil

O sistema público de P&D agropecuário, à exceção da Embrapa, combina uma progressiva redução do nível de financiamento público com um baixo grau de desenvolvimento institucional. Nesse sentido, há uma percepção corrente na comunidade internacional de que, embora a Embrapa tenha experimentado grandes alterações nas últimas décadas, o marco regulatório e institucional da pesquisa brasileira permaneceu engessado e desatualizado (Janssen & Braunschweig, 2003).

Na qualidade de coordenadora do SNPA, a Embrapa tem mais do que um papel no desenvolvimento direto de pesquisas em unidades descentralizadas: concentra também as funções de liderança e de coordenação estratégica da política pública de P&D agropecuário do País.

Nesse sentido, a Empresa demanda recursos não só para financiar os seus próprios projetos de pesquisa, mas também para estruturar o SNPA e para repassar recursos às demais instituições de pesquisa e de difusão tecnológica. Necessita, portanto, de um financiamento robusto e destacado entre as organizações de pesquisa do País.

O financiamento da Embrapa

Apesar do diagnóstico feito, o orçamento público da pesquisa agropecuária brasileira caiu ano após ano. Eliseu Alves e Antônio Oliveira analisaram os valores monetários repassados à Embrapa desde 1975 e concluíram que 1981 foi o ano no qual a entidade mais obteve recursos para o financiamento da P&D, considerando a relação entre o dispêndio e o PIB agropecuário (Alves & Oliveira, 2005). Desde então, a proporção de gastos com P&D passou por progressivo decréscimo.

Outro dado que chama a atenção é o aumento vertiginoso dos gastos com pessoal em relação ao orçamento total. Em 1981, o gasto com pessoal era de, aproximadamente, 51% do

total; em 1990, de aproximadamente 75% (Alves & Oliveira, 2005). Em 2021, de acordo com o Portal da Transparência (2022), a despesa com pessoal alcançou a taxa de, aproximadamente, 86% do orçamento total.

Ainda que os elementos mais importantes de uma organização de pesquisa sejam justamente os seus recursos humanos, o crescimento acelerado de uma rubrica como essa tem o efeito de comprimir as despesas de capital e de custeio, gerando a desatualização dos laboratórios e equipamentos e criando dificuldades adicionais à obtenção dos insumos necessários às atividades cotidianas.

Analisando a trajetória da despesa pública da Embrapa de 2014 até 2021, pelo Portal da Transparência, o quadro é de permanência da tendência observada até aqui e de deterioração substantiva da capacidade institucional de desenvolvimento técnico e científico (Figura 1).

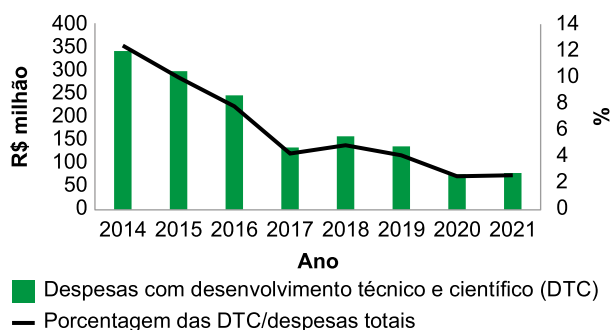


Figura 1. Embrapa – despesas executadas com desenvolvimento técnico e científico.

Fonte: elaborado com dados do Portal da Transparência (2022).

Certamente a crise fiscal do Estado brasileiro e a necessidade de controle rígido das despesas públicas são grandes responsáveis por essa redução progressiva e contínua do orçamento voltado para P&D. Aliado a esse quadro, a crescente rigidez orçamentária de outras categorias de despesas, decorrente da ampliação da vinculação de despesas, faz com que as despesas discricionárias, como as despesas com desenvolvimento científico, sejam extremamente reduzidas em cenários de contingenciamento fiscal.

Embora não se negue a grave crise fiscal pela qual o País passa, também é imperioso perceber que o financiamento público da P&D do setor agropecuário não é compatível com a importância do setor para a produção de riqueza, para a integração brasileira no comércio internacional e para o desenvolvimento nacional.

O desenho institucional do SNPA

Em 1972, ao enumerar os pontos de estrangulamento da pesquisa agropecuária brasileira, o grupo de trabalho instituído pelo Ministério da Agricultura diagnosticava que as "[...] atividades de coordenação e de comunicação [...] se [revestiam] de carácter precário e [funcionavam], quase sempre em base *ad hoc*" (Sugestões..., 2006, p.10).

Além disso, reconhecia

[...] uma acentuada deficiência nas relações de coordenação [...] planejamento e [na] execução de atividades de pesquisa entre os órgãos de pesquisa e os serviços de apoio à agricultura, especialmente os de assistência técnica, de financiamento e de comercialização (Sugestões..., 2006, p.11).

Tal diagnóstico é válido ainda hoje, já que as reformas institucionais capazes de alterar o quadro nunca foram implementadas.

A coordenação dos integrantes do SNPA

Por mais que a Embrapa goze de preeminência no SNPA, as demais organizações não são irrelevantes e têm a capacidade de contribuir para o desenvolvimento científico brasileiro. Assim, uma melhor divisão de atribuições entre os seus integrantes poderia promover maior sinergia na pesquisa científica setorial, promovendo então maior eficiência das atividades.

Considerando o cenário brasileiro, marcado pela simultânea escassez de recursos financeiro e sobreposição de competências, a especialização das organizações estaduais em atividades complementares poderia ser uma política racionalizadora e importante para o aperfeiçoamento de todo o sistema.

A constituição de uma rede de informações articulada e descentralizada teria a capacidade de não só promover a cooperação e a sinergia entre as organizações de P&D com a difusão tecnológica, mas também de reduzir a realização de atividades sobrepostas, já que a aprendizagem e o conhecimento desenvolvidos em uma organização poderiam ser utilizados pelas outras.

Além disso, seria extremamente proveitosa a incorporação de outras organizações importantes ao SNPA, como os institutos de agronomia de universidades brasileiras, importantes polos de desenvolvimento tecnológico do setor. De acordo com o QS World University Rankings (2021), há cinco universidades brasileiras entre as 200 melhores instituições de agricultura do mundo, sendo duas entre as 50 melhores⁶.

A integração sistêmica dessas organizações é extremamente importante, principalmente num cenário de dificuldades fiscais relevantes como aquele vivido pelos entes políticos brasileiros nas últimas décadas.

Além disso, dado o crescimento do setor privado na pesquisa agropecuária, a Embrapa poderia deslocar parte dos recursos originalmente endereçados à realização direta de atividades de pesquisa para o desenvolvimento de atividades de planejamento setorial, suporte à regulação e de coordenação dos diferentes atores setoriais.

Esse reposicionamento foi experimentado por outras organizações de P&D ao redor do mundo, como o Institut National de la Recherche Agronomique (Inra) da França. Essa organização, embora originalmente desenhada para a geração e difusão de tecnologias agropecuárias, foi convertida, entre 1990 e 2000, em uma instituição que combinava atividades acadêmicas e contratuais e que conseguiu desenvolver centros de excelência tanto acadêmicos quanto de políticas públicas e fomento ao agronegócio (Larédo & Mustar, 2004).

A integração da P&D com a difusão tecnológica

O desenvolvimento agrícola se baseia no binômio P&D e difusão tecnológica. Em outras palavras, em um primeiro momento a tecnologia é desenvolvida para resolver problemas concretos dos produtores rurais e, posteriormente, os novos achados devem ser difundidos e incorporados à atividade agrícola. Portanto, seria extremamente desejável que essas atividades contínuas estivessem integradas em um mesmo sistema de inovação.

Embora seja importante preservar a autonomia de cada um desses processos, é também imperioso reconhecer sua complementaridade e interdependência. Assim, um alinhamento estratégico entre essas duas políticas e uma clara divisão de competências podem fortalecer o próprio desenho institucional do SNPA.

O que se percebe é que, enquanto a política de pesquisa agropecuária é relativamente exitosa no Brasil, a de difusão tecnológica é extremamente precária, tanto em nível de desenvolvimento institucional quanto na efetividade dos seus instrumentos. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019), apenas 20% dos estabelecimentos rurais brasileiros contam com algum tipo de orientação técnica pública.

Em virtude da baixa qualidade das definições de competências, muitas instituições de P&D acabam sendo responsáveis também pela difusão tecnológica. É o caso da Embrapa, que desenvolve marginalmente atividades de extensão rural e assistência técnica.

Em 2021, de acordo com o Portal da Transparência (2022), as despesas empenhadas na rubrica “Transferência de tecnologias para a inovação para a agropecuária” representaram menos de 1% do empenho orçamentário total da Embrapa, perfazendo o montante de, aproximadamente, R\$ 28 milhões. Entretanto, mesmo nesse cenário de profunda escassez, depois do

⁶ Universidade de São Paulo (USP), Universidade de Campinas (Unicamp), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual Paulista (Unesp) e Universidade Federal de Lavras (Ufla).

contingenciamento fiscal promovido, a despesa efetivamente paga foi reduzida pela metade em relação ao empenho original, alcançando apenas cerca de R\$ 14 milhões.

Além disso, quando detalhadas as despesas, em 2021, com a difusão tecnológica da Embrapa, percebe-se que dois elementos de despesa ganham destaque e, somados, respondem por cerca de 70% da despesa: “Locação de mão de obra” e “Outros serviços de terceiros – Pessoa Jurídica” (Portal da Transparência, 2022).

Ou seja, além de ser tratada como atividade periférica e de menor importância no orçamento da empresa pública, a atuação ainda é predominantemente terceirizada, não havendo acúmulos técnicos ou aumento da especialização ao longo do tempo.

A incorporação de agentes privados ao SNPA

Historicamente, o Poder Público assumiu a iniciativa no financiamento da pesquisa agropecuária. No entanto, nas últimas décadas, nos países mais desenvolvidos, o setor privado foi assumindo o protagonismo.

A trajetória dos Estados Unidos ilustra bem essa tendência. Entre 1970 e 2008, as despesas públicas com agricultura giravam em torno de 50% da despesa total. Depois desse período, a participação estatal foi perdendo importância em decorrência do aumento substantivo dos investimentos privados (Mohamedshah et al., 2020).

Em 2013, as despesas públicas passaram a representar menos de 30% das despesas totais com P&D agropecuário e, desde então, permaneceram nesse patamar (Mohamedshah et al., 2020). É fundamental perceber que a redução da participação relativa não é resultado da diminuição das despesas nominais, e sim do crescimento acelerado da P&D privada.

Mais do que isso, as áreas de concentração dos setores público e privado também são distintas. Enquanto o setor privado investe de

maneira mais intensiva em P&D na industrialização de alimentos e em máquinas e equipamentos agrícolas, o setor público concentra os esforços em recursos naturais e ambientais e em nutrição humana e segurança alimentar. Em suma, o financiamento privado é complementar, não substituto do público.

No caso brasileiro, o Estado adota uma política bastante ativa de subvenções e incentivos fiscais para a P&D, mas, mesmo assim, o investimento privado ainda é pequeno e circunscrito a algumas grandes sociedades empresárias (Araújo, 2012). Assim, a integração da P&D pública e privada em um sistema de inovação parece ser bastante promissora, não só para qualificar a atividade de fomento estatal já existente, mas também para promover a integração da P&D pública com a atividade produtiva, alinhando os esforços às demandas reais do setor.

A proposta de reforma legislativa do SNPA

Para atualizar o desenho institucional original, previsto em 1991, foi proposto o Projeto de Lei nº 6.417/2019 (Brasil, 2019), que, basicamente, sugere uma nova estruturação do SNPA, convertendo-o em uma rede articulada por meio de uma plataforma digital. O novo desenho busca aumentar a flexibilidade de atuação das entidades estatais com o mercado e, para isso, tenta construir um ambiente flexível no qual os integrantes do sistema atuem de maneira horizontal.

Essa iniciativa é uma decorrência da Emenda Constitucional n.º 85/2015 (Brasil, 2015), que buscou atualizar o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação no Brasil, promovendo um ambiente de colaboração entre o setor público e o privado e instituindo instrumentos de cooperação, permitindo, inclusive, o compartilhamento de recursos humanos especializados e de capacidade instalada, para a execução de projetos de pesquisa, de desenvolvimento científico e tecnológico e de inovação (art. 219-A da Constituição).

O projeto de lei que reorganiza o SNPA determina a sua integração ao Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, inaugurado pela Emenda Constitucional n.º 85/2015 (Brasil, 2015). É um esforço de integração da política de pesquisa agropecuária a uma estratégia nacional de desenvolvimento tecnológico.

Outra importante mudança é a incorporação do princípio do planejamento ao SNPA, criando para o Poder Público a obrigação de definição de planos operacionais anuais e de planos plurianuais. Esse esforço possui três finalidades relevantes: a) a organização da gestão do SNPA a partir de diretrizes, objetivos e metas; b) a promoção de uma melhor comunicação entre os diversos agentes; e c) a indicação para o setor privado de oportunidades de parcerias.

Além disso, a reforma busca incorporar novos integrantes ao SNPA, tanto públicos quanto privados, como empresas produtoras de insumos agrícolas e as agritechs. Entretanto, exige-se cautela para que a adesão de novos integrantes seja feita com base na relevância da sua capacidade de pesquisa, de maneira que não hipertrofiar o sistema. A ampliação descontrolada dos atores envolvidos aumenta os riscos de paralisia decisória e de perda de eficiência.

Em síntese, o projeto de lei enfrenta alguns dos problemas relevantes apontados neste trabalho, mas falha em não prever uma estrutura organizacional capaz de dirigir e de interligar os diversos agentes e estabelecer uma estratégia setorial de longo prazo. Também não prevê mecanismos específicos de incentivos para a integração da pesquisa e para o compartilhamento de recurso entre os agentes.

O SNPA continua precisando de um órgão colegiado decisório que disponha de capacidade técnica para estabelecer um planejamento de longo prazo para o setor de pesquisa e que detenha recursos orçamentários para fomentar parte da pesquisa agropecuária no País e alinhar os esforços privados ao interesse público.

Considerações finais

O desenvolvimento econômico e social brasileiro depende fortemente da agropecuária. Por sua vez, o aumento da competitividade do setor depende principalmente do desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto, o Estado pode agir como um catalizador das inovações por meio de políticas públicas eficientes e eficazes.

Embora a constituição de grandes sistemas nacionais de pesquisa agropecuária, centralizados e tecnocráticos, tenha alcançado diversos resultados significativos, tal modelo não é mais capaz de enfrentar a nova realidade econômica que demanda a diversificação de produtos e mercados e a agregação de valor ao longo de qualquer etapa da cadeia produtiva.

Assim, há um certo consenso na literatura de que, atualmente, a efetividade das políticas públicas de P&D agropecuárias depende da criação de redes descentralizadas e flexíveis e do estabelecimento de diálogos ativos com os produtores rurais para, assim, a inovação atender às demandas reais de mercado.

O Brasil desenvolve políticas agrícolas há muito tempo e, nas últimas décadas, a agricultura brasileira conseguiu alcançar o padrão produtivo dos países mais desenvolvidos – somos hoje um dos maiores exportadores líquidos de alimentos do mundo –, e o grande protagonista do desenvolvimento agrícola brasileiro foi a Embrapa.

Entretanto, a Embrapa, como organização central do SNPA, não conseguiu fomentar avanços similares às organizações estaduais de pesquisa agropecuária. Estas, em regra, combinam baixa capacidade operacional e orçamento restrito, sendo encaradas por muitos gestores públicos como instituições substitutas à própria Embrapa e, por isso, vêm perdendo relevância até mesmo nas políticas de desenvolvimento regional.

A Embrapa, organização central de todo o sistema, precisa não só recuperar a capacidade de investir recursos em desenvolvimento técnico e científico, mas também dispor de recursos su-

ficientes para exercer a função de coordenação das demais instituições.

Além disso, o desenho institucional precisa ser capaz de coordenar os integrantes do SNPA, integrar a política de P&D com a de difusão tecnológica e ainda incorporar os agentes privados mais relevantes do setor. Para tanto, é necessário a definição de um órgão colegiado capaz de planejar no longo prazo e de tomar decisões tecnicamente embasadas sobre o financiamento público de projetos de pesquisa, tanto públicos quanto privados.

Há discussões relevantes no Congresso Nacional sobre a reforma do SNPA, para transformá-lo em uma rede articulada por meio de uma plataforma digital. Esses esforços partem de um diagnóstico correto, ou seja, de que as inovações dependem de ambientes abertos e flexíveis de colaboração integrada entre todos os agentes relevantes. Entretanto, o Projeto de Lei nº 6.417/2019 se omite em relação a dois temas necessários: a previsão de mecanismos de coordenação e o estabelecimento de instituições dotadas de capacidade para planejar e tomar decisões.

Referências

ALSTON, J.M.; MARRA, R.C.; PARDEY, P.G.; WYATT, T.J. Research returns redux: a meta-analysis of the returns to agricultural R&D. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, v.44, p.185-215, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8489.00107>.

ALVES, E.; OLIVEIRA, A.J. de. O orçamento da Embrapa. *Revista de Política Agrícola*, ano14, p.73-85, 2005. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/560>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ARAÚJO, B.C. **Políticas de apoio à inovação no Brasil:** uma análise de sua evolução recente. Rio de Janeiro: Ipea, 2012. (Ipea. Texto para discussão 1759).

BARGHOUTI, S.; KANE, S.; SORBY, K.; ALI, M. **Agricultural diversification for the poor:** guidelines for practitioners. Washington: World Bank, 2004. (Agriculture and Rural Development Discussion Paper 1).

BRASIL. **Decreto nº 72.020, de 28 de março de 1973.** Aprova os Estatutos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e dá outras providências. 1973. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/>

[fed/decret/1970-1979/decreto-72020-28-marco-1973-420455-publicacaooriginal-1-pe.html](https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-72020-28-marco-1973-420455-publicacaooriginal-1-pe.html)>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BRASIL. **Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015.** Altera e adiciona dispositivos na Constituição Federal para atualizar o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação. 2015. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc85.htm>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991.** Dispõe sobre a política agrícola. 1991. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 6.417, de 2019.** Altera a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, para dispor sobre o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Agropecuária (SNPA). 2019. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140163>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M. da; NAVARRO, Z. Sete teses sobre o mundo rural brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, ano22, p.105-121, 2013.

BYERLEE, D. The search for a new paradigm for the development of national agricultural research systems. *World Development*, v.26, p.1049-1055, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00037-0](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00037-0).

CABRAL, J.I. **Sol da manhã:** memória da Embrapa. Brasília: Unesco, 2005.

CASSIOLATO, J.E.; LASTRES, H.M.M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. *São Paulo em Perspectiva*, v.19, p.34-45, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-88392005000100003>.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Estudo sobre o papel das Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (OEPAs).** Brasília, 2006.

CHIAVENATO, I. **Administração nos novos tempos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

CONSEPA. **Conselho Nacional das Entidades Estaduais de Pesquisa Agropecuária.** 2022. Disponível em: <<https://consepa.org.br>>. Acesso em: 4 jan. 2022.

EMBRAPA. Secretaria Geral. Gerência de Comunicação e Informação. **Embrapa em números.** Brasília, 2020.

HALL, A.; BOCKETT, G.; TAYLOR, S.; SIVAMOHAN, M.V.K.; CLARK, N. Why research partnerships really matter: innovation theory, institutional arrangements and implications for developing new technology for the poor. *World Development*, v.29, p.783-797, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00004-3).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017:** Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 2019.

JANSSEN, W.; BRAUNSCHWEIG, T. **Trends in the organization and financing of agricultural research in developed countries:** implications for developing countries. Netherlands: ISNAR, 2003. (ISNAR Research Report, 22).

LARÉDO, P.; MUSTAR, P. Public sector research: a growing role in innovation systems. **Minerva: A Review of Science, Learning & Policy**, v.42, p.11-27, 2004.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo:** do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: UNESP; Brasília: NEAD, 2010.

MOHAMEDSHAH, F.; HAVLIK, S.; VELISSARIOU, M. **Food Research:** call to action on funding and priorities. Chicago: Institute of Food Technologists, 2020. Disponível em: <<https://www.ift.org/policy-and-advocacy/advocacy/funding-white-paper>>. Acesso em: 6 mar. 2022.

OECD. Organisation for Economic Co-Operation and Development. **Governance of public research:** toward better practices. Paris, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264103764-en>.

PEREIRA, C.N.; CASTRO, C.N. de. **O sistema nacional de pesquisa agropecuária:** histórico, estrutura e financiamento. Rio de Janeiro: Ipea, 2017. (Ipea. Texto para discussão, 2338).

PINGALI, P.L. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.109, p.12302-12308, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. [**Consulta da Despesa Pública**]. Disponível em: <<https://portaldatransparencia.gov.br/despesas/orgao?ordenarPor=orgaoSuperior&diacao=asc>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS. 2021. Disponível em: <<https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/agriculture-forestry>>. Acesso em: 4 jan. 2022.

SCHUMPETER, J.A. **A teoria do desenvolvimento econômico:** uma investigação sobre lucro, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHUMPETER, J.A. **Capitalismo, socialismo e democracia.** São Paulo: UNESP, 2017.

SUGESTÕES para a formulação de um Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

WORLD BANK. **Enhancing agricultural innovation:** how to go beyond the strengthening of research systems. Washington, 2007.

Políticas agrícolas chinesas

Fome, transformações e perspectivas¹

Scarlett Queen Almeida Bispo²

Michelle Márcia Viana Martins³

Alicia Cechin⁴

Resumo – O objetivo deste estudo foi analisar as políticas agrícolas da China a partir de uma perspectiva histórico-econômica. Iniciando com a era de Mao Tsé-Tung – marcada pela política do Grande Salto para Frente (1958–1962) – até as atuais medidas governamentais que afetaram o setor agrícola, são apresentadas as perspectivas anunciadas para o setor agrícola e áreas rurais até 2035, a partir do 14º Plano Quinquenal e o 18º Documento nº 1. O estudo mostra as falhas das políticas agrícolas da China, responsáveis por intensos episódios de insegurança alimentar no país. O enfoque inicial no desenvolvimento industrial e nas áreas urbanas afetou o setor agrícola e as zonas rurais, o que fez o Estado chinês dedicar seus principais documentos de políticas ao desenvolvimento das áreas agrícolas, tanto para combater a pobreza quanto para garantir a soberania alimentar. Identificaram-se grandes avanços no desenvolvimento agrícola, mas ainda são necessárias reformas estruturais para reduzir a assimetria no desenvolvimento do setor.

Palavras-chave: agricultura, áreas rurais, China, insegurança alimentar, política agrícola.

Chinese agricultural policies: hunger, transformations, and perspectives

Abstract – The objective of this study was to analyze China’s agricultural policies from a historical-economic perspective. Starting from Mao Tse-Tung era – marked by the agriculture policy of the “Great leap forward” (1958-1962) – to the present governmental measures, which affected the agricultural sector, some prospects have been announced for the agricultural sector and rural areas until 2035, from of the 14th Five-Year Plan and the 18th Document N^o 1. The study shows the failures of China’s agricultural policies, responsible for intensive episodes of food insecurity in the country. The initial focus on the industrial development and urban areas affected the agricultural sector and the rural areas, which made the Chinese State dedicated its policies to the development of the rural areas both to reduce poverty and to ensure food sovereignty. Major advances were identified for agricultural development; however structural changes are necessary to reduce the asymmetry in the sector development.

Keywords: agriculture, rural areas, China, food insecurity, agricultural policy.

¹ Original recebido em 16/8/2022 e aprovado em 4/10/2022.

² Mestranda em Desenvolvimento Sustentável, assistente de pesquisa do Instituto de Pesquisa Aplicada (Ipea). E-mail: scarlettqueenn@gmail.com

³ Doutora em Economia Aplicada, professora adjunta da Universidade Federal de Viçosa, assistente de pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). E-mail: michellemartinsufv@gmail.com

⁴ Doutora em Economia Aplicada, assistente de pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). E-mail: alicia.cechin@ipea.gov.br

Introdução

A história chinesa revela falhas em políticas agrícolas responsáveis por episódios de insegurança alimentar no país. Parte da população foi afetada, com grande número de mortes e aumento da pobreza no meio rural. A proposta para uma reforma agrícola que incluía desde grandes transformações estruturais no campo até a industrialização rural foi prioritária no pacote de medidas para retomar e manter o abastecimento de alimentos no país e a renda dos agricultores.

O processo de industrialização da China fez com que diversas propriedades rurais antigas se fundissem numa densa paisagem urbana. No início da década de 1950, uma parcela de 50% do Produto Interno Bruto (PIB) da China era proveniente agricultura, silvicultura, pecuária e pesca (NBS, 2021), mas em 2020 esses setores responderam por apenas 8% do PIB. No início da década de 1950, 90% da população chinesa residia no campo, contra 36% em 2020 (NBS, 2021). Em áreas remotas, as propriedades rurais tornaram-se menores ou foram extintas pela falta de interesse da sucessão familiar, e a maior atratividade da mão de obra nos processos industriais desestimulava a produção no campo. No entanto, um grande número de pessoas ainda operava na atividade agrícola, para suprir as necessidades alimentares, as demandas da população urbana ou para as considerações de bem-estar rural. A questão é que o equilíbrio entre os interesses rurais e urbanos continuou a ser importante pauta nas políticas de desenvolvimento.

As estratégias políticas do país foram orientadas principalmente para o estímulo ao setor industrial e ao desenvolvimento das zonas urbanas, o que acarretou elevação da demanda por alimentos e pobreza nas áreas rurais. Tal conjuntura levou o governo a traçar medidas dedicadas ao desenvolvimento da agricultura e para as áreas rurais voltadas sobretudo para a oferta de alimentos e garantia da soberania alimentar.

O objetivo deste estudo é apresentar, a partir de um contexto histórico-econômico, as

medidas governamentais para o desenvolvimento do setor agrícola chinês. A pesquisa compreende desde um dos maiores episódios de fome na China, sob a atuação política de Mao Tsé-Tung, até as discussões sobre planos para o desenvolvimento agrícola do país, incluindo o 14º Plano Quinquenal e o Documento nº 1.

Contexto histórico chinês: o Grande Salto para Frente (1958–1962)

O Partido Comunista da China (PCC) surgiu como uma combinação ideológica do marxismo-leninismo com o movimento operário chinês, influenciado pela Revolução Russa de Outubro e pelo Movimento Quatro de Maio na China. O PCC é marcado por quatro fases: a Expedição Norte, a Guerra Revolucionária Agrária, a Guerra Anti-Japonesa e a Guerra de Libertação Nacional, sob a liderança de Mao Tsé-Tung. Depois de um período de intensas lutas e estreita cooperação, a vitória foi conseguida em 1949, quando foi fundada a República Popular da China, e o comunismo foi implementado como o novo regime político.

Mao Tsé-Tung parecia despreocupado com o problema de escassez de alimentos no país. Acreditava que o aumento da produção, aliado às medidas redistributivas, supriria a demanda interna por alimentos. Além disso, a perspectiva do aumento da produção também era associada ao crescente aumento da população (na verdade, esse foi um fator que agravaria a falta de alimentos), de modo que as medidas para a resolução do problema ficariam a cargo do impressionante desempenho da agricultura (Ashton et al., 1984). Com a confiança de que a oferta alimentar não seria um problema, uma estratégia de desenvolvimento heterodoxa conhecida como O Grande Salto (1958–1962) foi idealizada para acelerar o ritmo de transformação de uma economia predominantemente agrária em um poderoso estado industrial (Kung & Lin, 2003).

No âmbito rural, os primeiros anos do governo de Mao Tsé-Tung foram responsáveis por uma reforma agrária abrangente, acompanhada do desenvolvimento de formas de cooperação cada vez mais coletivizadas. Dessa forma, as cooperativas avançadas transformaram-se em Comunas do Povo, com uma média de 5 mil famílias, em que todos os meios de produção se tornavam coletivos (fim da propriedade individual) (Ashton et al., 1984). A coletivização incluía não apenas terra e animais, mas pequenos lotes privados de terra e pomares que haviam sido mantidos por membros individuais sob o sistema cooperativo anterior. Para manter essa estrutura, o PCC informava às pessoas que a China logo entraria no estágio comunista, e elas poderiam obter o que precisavam. O comunismo de Mao foi exposto à população não apenas como um modo de vida rico, mas também um sistema econômico em que todas as posses eram partilhadas (Chang & Wen, 1997). Parecia uma proposta promissora, já que desde meados da década de 1950 a China rural era superpovoada e empobrecida no interior do país.

Nas comunas, a orientação era para a máxima produção de grãos e, portanto, o uso da terra para a produção de vegetais e outras safras comerciais era proibido. O papel do Estado era adquirir os grãos a preços baixos, para reduzir o custo dos alimentos básicos para a população urbana. Esse evento marca a primeira revolução rural e deixa claro o interesse do governo em elevar a produção de grãos, sobretudo pela campanha *Grains First*. Na ocasião, foi concedido aos produtores acesso a insumos modernos, como fertilizantes, maquinários e eletricidade, para o aprimoramento da produtividade de grãos (Kroeber, 2020). Ao mesmo tempo, Mao, em débito com a ideologia stalinista que dava ênfase à indústria pesada, fez da produção de aço o seu esforço central. Com efeito, em vez de trabalhar nos campos, milhões de camponeses receberam ordens para trabalhar em depósitos locais de minério de ferro e calcário, cortar árvores para a produção de carvão, construir fornos de argila simples e fundir metal (Smil, 1999; Kung & Lin, 2003).

As decisões equivocadas do Grande Salto, principalmente pelas intervenções diretas sobre os produtores, determinavam o que, quanto e como produzir, contribuindo intensamente para a tragédia de proporções continentais conhecida como a Grande Fome Chinesa (1958–1962). A literatura formou um consenso de que uma queda na produção de alimentos em 1959, seguida por altas compras governamentais de áreas rurais, foram as principais contribuições para a fome (Meng et al., 2015). Além disso, dois pontos contribuíram para o episódio de fome naquela época: a realocação de milhões de agricultores para a produção de ferro e aço e as calamidades naturais e ocorrências de pragas.

Somado às políticas governamentais que influenciaram a queda da produção de grãos, o incentivo direto e indireto ao crescimento urbano ajudou a agravar a situação. O período de 1949 a 1956 foi de grande migração do campo para as áreas urbanas, que passaram de cerca de 58 milhões de habitantes em 1949 para 99 milhões em 1957 (Ashton et al., 1984). A prioridade dada à industrialização durante o Grande Salto fez a migração crescer ainda mais. Em 1960, a população urbana atingiu cerca de 130 milhões de habitantes (Ashton et al., 1984), e o resultado foi uma ampla desordem, com grande número de empresas sem conseguir mais operar.

O apoio internacional à China não era tarefa simples, pois o país vivia um cenário de isolamento político, o que dificultava uma avaliação real da fome. Os dados divulgados no período eram controversos: os boletins anunciados exibiam safras recordes, bem como elevações contínuas das exportações e nenhuma importação de alimentos, mas isso não refletia a realidade. Em 1960, a situação se agravou. A União Soviética retirou a assistência técnica e econômica fornecida à China. Com a consequente piora nas questões econômicas num momento crítico, houve tentativas de ajuda externa, principalmente por intermédio da Cruz Vermelha Internacional, mas a ajuda foi recusada, as exportações continuaram, e a China declarava que

a questão seria resolvida internamente (Ashton et al., 1984).

Segundo Kung & Lin (2003), a queda da disponibilidade de alimentos, a aquisição excessiva de grãos (causada por uma política urbana enviesada) e outras decisões políticas do governo foram as principais causas do elevado índice de fome e mortalidades por insegurança alimentar nas províncias chinesas. Lin & Yang (2000), Li & Yang (2005) e Meng et al. (2015) encontraram uma relação positiva entre as taxas de mortalidade e produtividade nas áreas rurais – era exigido que os trabalhadores rurais mantivessem altos níveis de produção.

Com a fome instaurada, a existência de um desastre demográfico foi percebida. Entre as décadas de 1950 e 1960, a taxa de natalidade caiu quase 50%, a taxa de mortalidade mais do que dobrou, e a taxa de crescimento populacional recuou de mais de 2% a.a. para menos de 1,5% a.a. (Ashton et al., 1984; Lin & Yang, 2000). Os números impressionam pela magnitude: de 20 a 45 milhões de mortes em três ou quatro anos. A maioria das estimativas tomou como base o Anuário Estatístico de 1984, do NBS, que fornece números oficiais entre 1950 e 1982 (Ashton et al., 1984).

Todavia, é importante analisar esses dados com cautela, pois houve interrupções periódicas nas operações estatísticas e pressões para modificar os dados de produção agrícola. Para o historiador Frank Dikötter (Lin & Yang, 2000), o número de mortos chegou a 45 milhões e, portanto, os números da população no Anuário Estatístico de 1984 estão subestimados. Para Ashton et al. (1984), o número de mortes chegou a 30 milhões, com cerca de 17,3 milhões de mortes de crianças com menos de dez anos de idade. O mesmo número de mortes é observado em Banister (1987).

Foi apenas em 1961 que a crise alimentar interna começou a influenciar o comércio internacional de grãos, quando houve aumento significativo das importações desse item e queda das exportações. Entretanto, não há como definir nem mensurar o sofrimento humano decorrente

da ausência de comércio, sobretudo das importações de grãos que iriam reduzir a escassez doméstica de alimentos (Ashton et al., 1984).

No geral, as consequências dessas políticas foram uniformemente ruins, a começar pelo baixo crescimento da renda rural, de apenas 1% a.a. em termos reais entre 1957 e 1978. A produção per capita de grãos, de cerca de 300 kg, não era maior em 1978 do que em 1955, e a produção de sementes oleaginosas, cujo subproduto óleo representava um importante suprimento na alimentação, caiu cerca de um terço durante esse período. (Kroeber, 2016). Essas condições resultaram em descontentamento popular, e um grupo de fazendeiros, reunidos em segredo, assinaram um documento para dividir as terras coletivas em lotes individuais. Esse episódio propagou-se rapidamente entre outras províncias, fazendo-se necessária uma nova reforma, marcada pela saída de Mao Tsé-Tung do poder (Kroeber, 2016).

Reformas orientadas para o desenvolvimento agrícola

Etapas do desenvolvimento a partir da reforma estrutural

A segunda revolução rural é marcada pelo início das reformas rurais de 1978, quando Deng Xiaoping assume o poder. Xiaoping herdou uma economia bastante fragmentada e explorou essa situação no desenho de suas políticas, designadas como propostas de “reformas e abertura” (Kroeber, 2016). A abertura econômica era uma alternativa para melhorar as oportunidades nacionais, e essa orientação política foi vista repetidamente nas decisões de Xiaoping, a exemplo da criação das Township and Village Enterprises (TVEs) – empresas públicas de propriedade dos governos locais (municípios e aldeias) orientadas para o mercado – no início da década de 1980 até a adesão da China à Organização Mundial do Comércio (OMC), em 2001.

O ponto de inflexão da mudança na estrutura agrícola do país ocorre no Terceiro Plenário

do 11º Comitê Central do PCC, em 1978, que marca a gradual redução na ênfase política do Grains First. Para que novos padrões de especialização emergissem no campo, uma orientação política voltada à abertura comercial e uma série de novas reformas, prevaletentes até os dias atuais, promoveram os ganhos de produção agrícolas. Guo (2020) divide em quatro etapas as reformas responsáveis pela evolução das políticas agrícolas chinesas de 1979 a 2019.

A primeira etapa (1979–1984), sob liderança de Deng Xiaoping, marca as mudanças no uso da terra para capacitar os agricultores no arrendamento territorial. A intenção da reforma fundiária era abolir o antigo sistema de comuna popular e atrair investimento de agricultores para a diversificação da produção agrícola, o que contribuiria para ampliar a produção de grãos e promover incrementos produtivos da ordem de 7,7% a.a. A proposta mantinha os direitos de propriedade com o coletivo, mas os direitos de operação sobre terras agrícolas foram distribuídos para famílias de agricultores. Desse modo, os agricultores passaram a deter os direitos de propriedade sobre os produtos depois da entrega de uma quantidade fixa da produção ao governo. Nessa fase, a adoção de um sistema de responsabilidade familiar (Household Responsibility System – HRS) atribuía os riscos de produção e de mercado às famílias (Huang & Liang, 2018), reforçando a mudança de responsabilidades do Estado para os produtores. Essa reforma lançou as bases para uma série de inovações institucionais que contribuíram para melhorar as tecnologias e maximizar a produção e o valor dos produtos.

Apesar dessas transformações positivas, vale destacar importantes intervenções do governo no setor. Anteriormente, durante a liderança de Mao Tsé-Tung, a produção agrícola e as exportações eram sujeitas a impostos, como uma porcentagem do valor da produção, que oscilavam entre 2% e 15%, enquanto o setor industrial era diretamente subsidiado (Escap, 2007). Em 1983, o Conselho de Estado da China decidiu pela imposição de um imposto adicio-

nal sobre os produtos agrícolas, mantendo a vigência do imposto normal (Yu & Jensen, 2010). Outra medida que atuava no sentido oposto ao das políticas liberais era a exigência de que uma parcela da produção fosse entregue ao governo a preços abaixo dos praticados no mercado. Mesmo que os agricultores tivessem direitos de propriedade sobre a produção da terra, eram incapazes de negociar efetivamente com outros participantes do mercado por causa da pequena escala de produção e da escassez de informação de mercado.

Já durante a década de 1980 e início da de 1990, período que marca a transição entre a primeira e a segunda fase determinada por Guo (2020), essas políticas de distorção de preços foram gradualmente eliminadas, encorajando os agricultores a expandir a produção (Anderson & Strutt, 2014). As cotas de produção obrigatórias, vendidas ao governo a valores inferiores aos de mercado, foram substituídas por um programa de apoio aos preços para incentivar a produção de grãos, que contribuiu para a transferência da receita de grãos para produtores e o aumento da renda rural (Escap, 2007). A liberalização elevou o potencial de produção intensiva em mão de obra na agricultura e na indústria. No setor agrícola, o desenvolvimento dos subsectores de horticultura, avicultura, laticínios e pecuária ajudou a diversificar a alimentação e aumentar a renda dos camponeses, que antes era pautada basicamente na produção de grãos. Na indústria, o desenvolvimento do setor de bens de consumo e a integração com a cadeia produtiva internacional, por meio do comércio, alteraram a composição da indústria chinesa, com resultados também na agricultura. Nesse contexto, distorções decorrentes da ênfase exagerada na produção de grãos e na indústria pesada, durante o período pré-reforma, foram substancialmente reduzidas.

O segundo estágio (1985–1991), sob a liderança de Li Xiannian e Yang Shangkun, assinala as reformas orientadas para o mercado e o início da industrialização rural. A liberalização econômica gradual pela redução das políticas tarifárias e o fim da restrição do comércio de produtos agrícola-

las são exemplos de como as iniciativas públicas passaram de uma estratégia centralizadora para uma proposta que reflete as forças do mercado. Outras alterações foram importantes nesse estágio: i) a permissão da transferência dos direitos do uso da terra; ii) a liberalização dos mercados de insumos e produtos agrícolas; iii) o incentivo à transferência de mão de obra rural para áreas urbanas; iv) estímulos à diversificação agrícola (redução da produção agrícola e aumento da produção pecuária); v) estabelecimento de instituições financeiras de apoio à agricultura; e vi) o desenvolvimento de TVEs.

As TVEs absorveram grande parte do excedente de mão de obra rural liberado da agricultura, o que contribuiu para a geração de renda, agregação de valor e redução da disparidade entre as economias urbana e rural. Entre 1978 e 2003, as TVEs forneceram empregos para 135 milhões de agricultores, elevando a proporção de trabalhadores rurais empregados de 9,2% para 28,1% (Liang, 2006). Como resultado, a produtividade do trabalho da agricultura melhorou, seja pela absorção da mão de obra, seja pelos fundos direcionados ao apoio do desenvolvimento agrícola. A partir de 1990, a oferta de mão de obra nos centros urbanos cresceu, com simultânea redução do número de trabalhadores no meio rural, e os preços dos produtos agrícolas aumentaram rapidamente, bem como as oportunidades de empregos assalariados não agrícolas nas TVEs. Conseqüentemente, as rendas rurais cresceram mais rápido do que as urbanas. Esse foi um resultado promissor em relação às décadas anteriores (Kroeber, 2016). Entretanto, o aumento da renda rural em comparação à urbana não foi sustentado ao longo dos anos.

Na terceira fase (1992–2003), que contempla o governo de Jiang Zemin, a abordagem da economia de mercado é consolidada no plano oficial de reformas. Empresas rurais ainda exibiram crescimento expressivo, principalmente a partir de 1998, quando o governo se dedicou ao desenvolvimento de empresas líderes na agricultura. Nesse ano, a produção agrícola respondia por 28% do PIB, mantendo 130 milhões de

pessoas empregadas (Guo, 2020). Esse cenário foi sustentado já no início da década de 2000, quando os líderes chineses priorizaram a coordenação do desenvolvimento econômico e social, urbano e rural e a criação de soluções relacionadas à agricultura, às áreas rurais e aos agricultores, estabelecendo políticas preferenciais e apoios fiscais para o aumento da produção de grãos. Medidas políticas formais e regulamentos administrativos para apoiar empresas agrícolas foram promulgados, e o país assistiu ao rápido crescimento das cooperativas de agricultores, sob ênfase política do governo (Guo, 2020).

O Estado ainda mantinha uma reserva estratégica de grãos para a proteção dos preços, mas permitia que as forças de mercado reduzissem gradualmente o controle do governo sobre o setor. A consolidação das políticas de livre comércio ocorreu em 2001, com a adesão da China à OMC e, como parte de seu compromisso, o país abria o comércio de grãos por meio da redução de tarifas. Nos primeiros anos depois do ingresso à OMC, as condições climáticas norte-americanas afetaram a oferta das exportações de grãos para a China, que começou a liberar a reserva de grãos construída durante o fim da década de 1990. A liberalização dos estoques ajudou a aliviar a pressão das importações de grãos, e o aumento do volume importado foi retomado apenas em 2005, quando a demanda pelos incrementos na oferta doméstica começou a ser sentida.

Na quarta e última fase (a partir de 2004), sob liderança de Hu Jintao e Xi Jinping, é observado um processo de transformação e modernização da estrutura agrícola, com o surgimento de grandes empresas familiares especializadas, consolidação das cooperativas, empresas de processamento e diversas unidades de agricultura familiar. É a fase de melhor desempenho do setor, com produção em maior escala e menor custo. As medidas mais notáveis foram os compromissos com as “três questões rurais”: a agricultura, as áreas rurais e os agricultores. As três questões foram pauta de todas as edições do Documento nº 1 (Number One Document) entre 2004 e 2016, que trata da política nacional mais importante da

China (Huang & Yang, 2017). Em 2018, 15 artigos do documento foram dedicados à produtividade agrícola, à renda do agricultor e às melhorias da infraestrutura em áreas rurais (Guo, 2020).

Em 2016, a Nova Reforma Estrutural de Abastecimento Agrícola trouxe como proposta a otimização da produção para reduzir a diferença entre a oferta e a demanda da variedade de grãos e outras culturas consumidas internamente. O escopo da reforma era pautado na mudança de enfoque, da quantidade para a qualidade, visando alterar a estrutura de produção para atender aos requisitos de competitividade internacional. Essa alteração era alicerçada na alocação racional dos recursos produtivos, disponibilidade de recursos financeiros e de crédito, desenvolvimento educacional e profissional, incluindo a busca por uma produção mais sustentável, que atendesse às pressões ambientais. Era também estratégia da reforma alterar o mecanismo de formação de preços, que até então eram afetados pelas políticas de subsídios e pelos padrões de armazenamento dos principais produtos agrícolas. O setor, que operava sob baixa eficiência e altos custos, porque a estrutura agrícola era instável e desarmoniosa, passou a ser orientada pelo desenvolvimento.

Essa fase demarca o fortalecimento da agricultura simultaneamente ao aumento da proteção ao meio ambiente, ao desenvolvimento do turismo rural e à ampliação dos objetivos econômicos e sustentáveis. O enfoque era expandir a indústria rural ao integrar outros elementos de visibilidade no mercado que une “produção, cidade e pessoas”. Essa foi uma forma de aproveitar os incentivos financeiros e aproximar os rendimentos rurais dos urbanos pela modernização da estrutura de consumo (Wang, 2019). Para os formuladores de políticas da China, era claro o objetivo de modificar a estrutura produtiva no país: alcançar níveis elevados de crescimento econômico. Tal crescimento forneceria as bases para um processo mais complexo de inclusão social e de melhores condições sociais para uma polupalção essencialmente rural e de renda média abaixo dos níveis desejáveis. O desenvolvimento rural, pautado na

industrialização planejada, na abertura para o exterior e nas modificações estruturais, ainda ocorre sob um processo contínuo.

Gargalos da produção no campo e das indústrias agrícolas

As reformas agrícolas e a imposição de um novo modelo de desenvolvimento rural resultaram na saída de mais de 600 milhões de pessoas da pobreza nos últimos 30 anos, com consequente aumento do poder de compra dos trabalhadores rurais, o que se traduziu em progressos em várias dimensões (Monte et al., 2017). Entretanto, a produção agrícola chinesa ainda enfrenta desafios, justificados, entre outros fatores, pelas mudanças decorrentes do processo de industrialização.

A transição de uma sociedade orientada à atividade agrícola para um país industrial ocasionou a redução das áreas para a agricultura. A conversão das terras aráveis para a industrialização e urbanização intensificou a lacuna entre a demanda e a produção de alimentos no país. Por essa razão, bem como pelos processos de desertificação, a China perdeu, desde 1949, um quinto das suas áreas rurais e, do que restou, cerca de apenas 40% é adequado para a produção agrícola (Monte et al., 2017). Além disso, 40% das terras aráveis estão degradadas e mais de três milhões de hectares estão contaminados, com sérios danos ambientais, pelo uso excessivo de insumos químicos (Monte et al., 2017). Portanto, a produção de suprimentos alimentares no país é afetada pela pouca disponibilidade de terra de boa qualidade e pela produção de culturas não alimentares, como o algodão.

A disponibilidade de recursos hídricos também é um fator que compromete a oferta de suprimentos alimentares na China. A média do volume de água per capita no país é inferior à média mundial, e 60% da produção agrícola em território chinês necessita das práticas de irrigação (Lam et al., 2013). Além disso, existem disparidades regionais quanto ao abastecimento hídrico: 80% da água na China está disponível

na região Sul. Entretanto, metade da população e dois terços das terras agrícolas estão no Norte. (Iwaki, 2019). Outro problema relevante nas áreas de produção agrícola é a não permanência da população rural nas áreas produtivas. Em 2011, a população chinesa deixou de ser predominantemente rural, e o intenso êxodo rural provocou uma drenagem da força de trabalho para o setor industrial, fato que pode ter colaborado para uma relativa perda de vitalidade da agricultura no país (Zhang et al., 2015).

A migração do campo para a cidade tem gerado problemas sociais urbanos e rurais complexos. No campo, por exemplo, é relatada a apreensão quanto a um significativo número de idosos e crianças que não migraram (Leusin Jr., 2017). Grande parte da migração ocorre por jovens que partem em busca de melhores remunerações nas indústrias urbanas. Assim, a verdadeira classe trabalhadora no campo tem idade média superior a 50 anos. Esse é um dos grandes desafios enfrentado pelo governo chinês, que busca solução na industrialização, pela inserção de tecnologias para aprimorar os sistemas de produção e comercialização e elevar indiretamente a renda dos produtores agrícolas. Entretanto, Leite (2013) chama a atenção para três problemas que afetam o rápido processo de industrialização das áreas rurais da China: i) o uso ineficiente dos recursos produtivos, que resulta em desperdício dos recursos disponíveis; ii) os danos ambientais causados por tais desperdícios; e iii) o balanço ecológico proporcionado pelas áreas rurais, que acentua os problemas ambientais visíveis no país.

O desenvolvimento das áreas rurais sob o processo de industrialização ocorre de forma diferenciada entre as regiões, o que estabelece assimetrias na base produtiva (Leite, 2013). O crescimento desigual, além de alterar o equilíbrio estrutural entre as regiões, altera as condições econômicas e políticas, incluindo o êxodo rural. Também é perceptível, e mesmo justificado, que os investimentos privados sejam direcionados às áreas com maior crescimento e desenvolvimento. Nos setores desenvolvidos, a

dinâmica da atividade industrial exerce um efeito positivo para a geração de outras atividades associadas, por meio dos investimentos na agricultura. Ao mesmo tempo, há políticas de Estado para manter a população nessas áreas, buscando evitar o inchaço das cidades, o que tornaria o excedente populacional um problema maior do que já é. Nesse sentido, o governo atua por meio da inovação institucional rural e da reforma do mercado para garantir a segurança alimentar em um contexto em que a densidade demográfica cresce expressivamente, e isso somado às alterações dos padrões de consumo da sociedade.

Para atenuar os efeitos da redução das terras aráveis, as políticas para estimular o desenvolvimento rural focam na melhoria do solo e no uso de técnicas de terraceamento e irrigação, além da introdução de novas espécies produtivas e do desenvolvimento do modal rodoviário (Christiansen, 2009). Anderson & Strutt (2014) complementam que as despesas públicas em pesquisa e desenvolvimento (P&D) aumentaram de 0,37% do PIB agrícola, nas décadas de 1980 e 1990, para 0,5% em 2008, o que representava 20% dos investimentos em P&D totais averiguados na região da Ásia-Pacífico, fato que contribuiu consideravelmente para o crescimento da produção de alimentos no país. Outra mudança na estrutura das indústrias agrícolas que busca alcançar a segurança alimentar envolve medir a demanda de grãos em diferentes regiões e, em seguida, mensurar a área de plantio calculada de acordo com o nível de rendimento na produção. Esse levantamento permitiu alocar os recursos produtivos para prover maiores ganhos em termos produtivos. Nesse caso, é proibido para a indústria de não grãos ocupar terras agrícolas básicas permanentes, especialmente campos de arroz (Mao & Guo, 2017).

De modo geral, a reforma estrutural deve prosseguir com a melhoria da qualidade da oferta. As reformas para corrigir distorções na alocação de fatores podem ser efetivas em expandir a produção, melhorar a adaptabilidade e a flexibilidade da estrutura da oferta agroalimentar às mudanças na demanda, sobretudo para atender

às necessidades da massa popular, e melhorar a produtividade total dos fatores para o desenvolvimento sustentável e saudável da economia social.

Mudanças estruturais a partir da década de 1970

A agricultura chinesa move-se de forma sincronizada com o avanço da modernização, da industrialização e da urbanização. Embora o desenvolvimento agrícola tenha ocorrido de forma mais lenta do que o industrial, a reforma agrícola é uma tentativa de elevar a velocidade de transformações na área rural.

Em 1979, 81,4% da população vivia no meio rural; em 2019, o valor caiu para 39,7% (World Bank, 2020). Além disso, caiu a participação do setor agrícola no PIB ou atividade econômica. Em 1979, a atividade agrícola mantinha quase 30% do PIB chinês, mas 7,14% em 2019. A queda se justifica, entre outros fatores, pelo crescimento da indústria manufatureira e do setor de serviços, que retraiu a participação da agricultura no PIB. (Monte et al., 2017; Guo, 2020). Apesar da redução acentuada, a taxa média de crescimento anual da agricultura para o período foi de 4,38% e mantém-se relativamente estável desde 2012.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2021) aponta que de 1979 a 2019 a produção agrícola de produtos primários (não processados) oscilou, mas com taxa de crescimento média de 1,98% a.a. Ao mesmo tempo, a renda per capita mostrava tendência de alta, com taxa de crescimento média de 10,9% no período. Apesar de todas as reformas contribuírem para o desenvolvimento agrícola, a diferença entre a dinâmica do crescimento da produção primária e da renda per capita, somada à lacuna entre o nível de renda entre as áreas rurais e urbanas, chama a atenção dos formuladores de políticas para a importância da autossuficiência na produção de grãos e a necessidade de manter a renda dos agricultores como política prioritária do governo (Huang & Yang, 2017; Guo, 2020).

O rápido crescimento econômico chinês dos últimos 40 anos retirou milhões de pessoas da pobreza, o que levou a grandes mudanças no padrão de consumo da sociedade (Monte et al., 2017). Apenas com o crescimento populacional, sem considerar o aumento do consumo per capita, estima-se que a demanda por grãos poderá chegar a 500 milhões de toneladas em 2030 (OECD-FAO..., 2015). A explicação para esse número deve-se ao fato de a China ser o maior consumidor de carnes e grãos do mundo, experimentando, também, crescimento anual de aproximadamente 25% no consumo de lácteos. Para fins comparativos, em 1979 apenas 7% dos grãos eram utilizados para a alimentação animal, mas o valor chegou a 20% na década de 1990, principalmente para a indústria de carne suína. Nos últimos anos, os valores são incrementados pela demanda da indústria de carnes bovina e de aves. Desse modo, o aumento do consumo de grãos é diretamente proporcional ao aumento do consumo de carnes e lácteos (OECD-FAO..., 2015).

O aumento expressivo da renda das famílias urbanas em comparação com a das famílias rurais pode explicar comportamentos de consumo que afetam diretamente o setor agrícola, e a demanda por produtos de maior qualidade é um exemplo. Em virtude do aumento da renda familiar e da crescente consciência da relação entre nutrição e saúde, os consumidores ficaram mais exigentes quanto ao uso de ingredientes de melhor qualidade, novas tecnologias e diversificação das linhas de produtos. O aumento da renda média expandiu a demanda por produtos agrícolas de maior valor agregado, como frutas, vegetais e, principalmente, produtos de origem animal (Gale & Huang, 2007; Lam et al., 2013). Para atender a essa demanda, as indústrias rurais devem lançar estratégias para promover mais inovação e maior rentabilidade ao setor, simultaneamente à alteração na estrutura demográfica.

Entre 1979 e 2019, a participação da agricultura no total dos gastos públicos cresceu, em termos reais, 8,5% (Guo, 2020). O Documento nº 1 de 2004 aponta para um pico nos gastos públicos orientados à agricultura (China, 2021b).

Na ocasião, os dispêndios foram empregados em medidas de apoio, como subsídios diretos à produção, compra de sementes melhoradas, insumos e maquinários (Yu & Jensen, 2010; Anderson & Strutt, 2014; Huang & Yang, 2017). Ainda em 2004, o governo central da China decidiu reduzir drasticamente os impostos agrícolas. O imposto especial sobre produtos (exceto para o tabaco) foi eliminado totalmente e a taxa do imposto agrícola caiu pela metade em relação à praticada em 2003 (Yu & Jensen, 2010).

Sobre a política de subsídios, os maiores financiamentos à agricultura, em termos reais, ocorreram na compra de insumos (fertilizantes, pesticidas, combustíveis e sementes), o subsídio direto para a produção. A distribuição dos subsídios ocorreu com a transferência dos recursos para as províncias que mantinham uma produção histórica de grãos, de modo que os maiores produtores recebiam um maior volume de suporte à produção. Esse princípio reflete o desejo do governo em desenvolver o setor atuante nessa base produtiva. Em nível provincial, os fundos de subsídios eram distribuídos aos governos, que distribuíam os recursos conforme a abrangência dos rendimentos históricos, as áreas reais de plantio e a quantidade de grãos comerciais produzidos (Yu & Jensen, 2010).

A concessão de subsídios foi positiva para a produção de grãos e para a determinação da renda dos produtores (Guo, 2020). A política de apoio agrícola influenciou a estabilização dos preços e a garantia da segurança alimentar. Por meio das políticas de apoio, principalmente aquelas destinadas aos processos mecanizados, ocorreu uma maior conservação das terras agrícolas na China e, conseqüentemente, maior produtividade. Além da política de subsídios, contribuíram para o aumento da produção, sobretudo de grãos: i) a reforma do sistema fundiário para dar aos agricultores mais direitos à terra; ii) o progresso tecnológico na forma de sementes melhoradas, fertilizantes, pesticidas e maquinários; iii) a reforma orientada para o mercado para impulsionar o ajuste estrutural; iv) o estabelecimento do sistema de preços; v) a adesão à OMC;

e vi) os investimentos públicos para irrigação rural, qualidade da terra, educação e outros.

Desde as reformas agrícolas em 1979, considerando-se o aumento da população, a conseqüente elevação na demanda por alimentos e as baixas disponibilidade e produtividade das terras, a aplicação de fertilizantes e pesticidas foi incentivada pelos governos e tornou-se um dos fatores importantes para o crescimento da produção agrícola, principalmente de grãos. Entretanto, nos últimos anos tem havido queda do uso de fertilizantes, resultado positivo do projeto Produção Verde, que busca, além de reduzir os custos de produção, mitigar os efeitos adversos sobre o meio ambiente. A partir dessas medidas, a capacidade de oferta de grãos na China vem aumentando de forma contínua. A área plantada de grãos é praticamente estável a partir de 2008, com expansão entre 2014 e 2015, mas posterior redução até 2019. Entretanto, o aumento da produção primária de grãos por hectare (produção não processada) evidencia o aumento da produtividade, principalmente no período de 2015 a 2019, em que a redução da área plantada e o aumento da produção por área refletem a otimização produtiva (FAO, 2021).

De acordo com a FAO (2021), de 1979 a 2019 a produção de grãos subiu de 29,3 mil para 61,5 mil toneladas, com taxa média de crescimento anual de 1,98%. Em relação às principais safras de grãos, a produção de trigo e milho saiu do patamar de 1,8 mil e 1,4 mil toneladas em 1979 para 26,1 mil e 13,3 mil toneladas em 2019, crescimento de 14,5 e 9,3 vezes, respectivamente. A produção de arroz cresceu 3,76 vezes no período, de 5,6 mil em 1979 para 21,1 mil toneladas em 2019.

Portanto, nota-se que as reformas agrícolas foram importantes para apoiar o desenvolvimento do setor e revitalizar a oferta de alimentos. Os ajustamentos estruturais incluem alterações da estrutura do produto, da agroindústria e dos métodos de produção e reforçam os apoios tecnológicos fundamentais para o aumento da oferta. Apesar desses avanços, os esforços das reformas podem ir mais longe para aumentar os

benefícios abrangentes e a competitividade da agricultura. Esses aspectos são delineados no 14º Plano Quinquenal e no Documento nº 1, que compõem os objetivos para a promoção de mais incrementos no agronegócio chinês.

A ambiciosa estratégia para a consolidação rural chinesa

Desde 1953, a China elabora modelos de políticas para o desenvolvimento econômico e social, chamados planos quinquenais. Com esses planos, a China passou de uma nação pobre, com problemas crônicos de fome nos primeiros anos da República Popular, para a segunda maior economia mundial. Depois de anos de reformas orientadas à promoção do desenvolvimento agrícola e rural, os ajustes estruturais e a adoção de reformas foram fundamentais para estabelecer uma base para o avanço da transformação e modernização da agricultura, mas não suficientes para o pleno desenvolvimento do país, o que leva ao seguinte questionamento: quais serão os próximos passos elaborados pelo Estado chinês para resolver essa assimetria no desenvolvimento? A resposta será discutida com base nas estratégias do atual Plano Quinquenal destinadas à agricultura e zonas rurais, cujas metas são traçadas no Documento nº 1.

Em março de 2021, foi oficialmente anunciado o 14º Plano Quinquenal para o Desenvolvimento Econômico e Social Nacional da República Popular da China (2021–2025) e as Metas de Longo Prazo para 2035 (China, 2021a). Apesar de o documento abranger diretrizes para a promoção do desenvolvimento em todas as áreas e setores, foi ressaltada a necessidade da ênfase no desenvolvimento agrícola e rural como questão fundamental para a construção de um país socialista moderno de maneira integral.

De acordo com o documento, a segurança alimentar é um dos seus cinco objetivos-chave, e a ênfase está na capacidade geral da produção de grãos. Até 2025, espera-se que o volume produzido seja superior a 650 milhões de toneladas por ano. Segundo dados do NBS (2021), a pro-

dução chinesa de grãos já vem alcançando essa meta desde 2015, o que mostra que a garantia da soberania alimentar é essencial, e a China vem mantendo a relativa autossuficiência estipulada.

Entretanto, ainda existem questões estruturais que precedem a produção de grãos. As principais demandas envolvem desde a necessidade de reformas na base agrícola e proteção ambiental até a resolução das diferenças de renda entre a zona rural e a urbana. Por isso, o 14º Plano Quinquenal traz uma série de capítulos voltados exclusivamente para alavancar o desenvolvimento agrícola e rural, com estes destaques: qualidade e competitividade da agricultura, construção rural, mecanismos institucionais, integração urbano-rural, população migrante, alívio da pobreza e revitalização rural (China, 2021a).

Já o Documento nº 1 é elaborado anualmente pelo Estado chinês, e seu objetivo é traçar metas para o progresso de áreas consideradas cruciais para o desenvolvimento do país. Em 2021, com o lançamento da 18ª versão do documento, foram incorporados e esclarecidos de maneira mais ampla os capítulos dedicados à agricultura e à zona rural do 14º Plano Quinquenal. O Comitê Central do PCC acredita que, para resolver o problema do desenvolvimento desequilibrado, a principal dificuldade reside nas “três questões rurais” (a agricultura, as áreas rurais e os agricultores), e as principais tarefas seriam a promoção abrangente da revitalização rural e o uso do poder do partido e da sociedade para acelerar a modernização da agricultura e do meio rural.

As medidas do 18º Documento nº 1, a serem adotadas durante o período de ação do 14º Plano Quinquenal e até 2035, estão divididas em cinco partes: i) requisitos gerais; ii) conexão efetiva da consolidação e expansão dos resultados da redução da pobreza e da revitalização rural; iii) modernização da agricultura; iv) implementação das ações de construção rural; e v) fortalecimento da liderança geral do PCC sobre o trabalho nas “três questões rurais”. Essas partes são compostas por 26 tópicos, que contêm indicadores não só qualitativos, mas tam-

bém quantitativos, a exemplo da determinação de valores obrigatórios para a produção. (China, 2021b). Essas medidas, consideradas essenciais para o setor agrícola e as áreas rurais, possibilitariam um maior equilíbrio do desenvolvimento nacional e, dessa forma, tornariam viável a construção integral de um país socialista moderno.

Os requisitos gerais (parte i) traçam as etapas a serem percorridas, tarefas-alvo e a manutenção das políticas iniciadas. Guiado por Xi Jinping e pelo “socialismo com características chinesas”, o caminho para alcançar as metas é a criação de um novo conceito de desenvolvimento orientado pela inovação e que vise à promoção do desenvolvimento rural de alta qualidade. Dessa forma, a revitalização rural pode ser atingida por meio da celeridade das transformações de base e da modernização da agricultura e das áreas rurais e pela formação de uma nova relação urbano-rural de promoção mútua, com desenvolvimento coordenado e prosperidade comum. Nessa etapa, foram determinadas também novas tarefas-alvo, que, basicamente, dizem respeito à estabilização da produção de grãos, à elevação da produção de bovinos, ao aumento contínuo da indústria de suínos, à garantia da soberania alimentar e ao aumento da renda dos agricultores.

A parte ii trata da percepção da conexão efetiva entre a consolidação e a expansão dos resultados da redução da pobreza e da revitalização rural. Nessa seção, são estabelecidas medidas que devem ser adotadas em áreas com residentes em situação de pobreza, saindo da pobreza ou que superaram a pobreza recentemente. Esforços para a redução da pobreza no país, sobretudo na zona rural, vêm sendo implementados há anos e, com a recente conquista da erradicação da pobreza extrema, a revitalização nessas áreas se tornou essencial. As medidas de monitoramento e superação da pobreza, além de focalizadas por meio de políticas assistencialistas, devem ser implementadas também na forma de políticas estruturantes, por meio da construção de infraestrutura agrícola e rural, das indústrias de plantio e criação (a depender das necessidades locais) e das atividades de produ-

ção e comercialização e do fortalecimento do mercado consumidor rural.

A parte iii é a mais complexa. Está diretamente relacionada à segurança alimentar e propõe transformações nos seguintes aspectos: a) elementos que englobam a produção e comercialização de produtos alimentares importantes; b) disponibilidade, utilização e gestão das terras aráveis; c) modernização e integração das indústrias rurais; d) mobilização das lideranças em todas as esferas de poder; e e) implementação de estratégias para aumentar a produção e proteção de produtos agrícolas alimentares, sobretudo os grãos.

Em virtude da relevância dos grãos nas cestas de consumo das famílias chinesas, durante as ações do 14º Plano Quinquenal todas as províncias (regiões autônomas e municípios diretamente subordinados ao governo central) devem estabilizar as áreas semeadas de grãos. Esse é um ponto importante, visto que essas áreas vêm diminuindo desde 2016, com uma pequena recuperação em 2020 (NBS, 2021). Apesar do recuo da área semeada nos últimos anos, a produção exibiu tendência de aumento, revelando melhorias da produtividade, que se manteve acima da meta obrigatória da produção de grãos entre 2015 e 2020. Um dos objetivos de médio prazo é que a capacidade produtiva fique ainda maior, principalmente quando se considera a previsão da construção de áreas funcionais para a produção e do Cinturão Nacional da Indústria de Segurança Alimentar. A construção do cinturão visa criar uma conexão entre todas as principais áreas produtoras de grãos do país, seja para fortalecer a produção nacional e garantir a segurança alimentar, seja para evitar os efeitos das instabilidades do comércio internacional desses produtos (China, 2021b).

Além das medidas de infraestrutura produtiva, já estão em vigor políticas de apoio aos produtores, na forma de subsídios diretos para elevar o lucro na produção de grãos – em especial milho e soja. Essas políticas contemplam o estabelecimento do preço mínimo para arroz e trigo ou políticas de transferências aos principais condados produtores. Entretanto, o apoio do-

méstico adotado pela China, especialmente os subsídios específicos aos produtores de grãos, já foi alvo de disputas por outros países na OMC – a China teve de reduzir ou excluir esses apoios. Com isso, o país tem agido com mais cautela, com consequente diminuição do número de produtos contemplados e redução de políticas de compras públicas com preços administrados. No 14º Plano Quinquenal, é indicado que os subsídios destinados a províncias produtoras de arroz, milho e trigo serão substituídos por prêmios de seguros, como uma forma de reduzir os apoios específicos (China, 2021a).

Além dos grãos, outros produtos agrícolas importantes possuem papel de destaque nas medidas de elevação da produção e soberania alimentar: carnes suína, bovina e ovina, leite, açúcar e óleos são exemplos. A ampliação da produção desses segmentos está em sintonia com a mudança na dieta alimentar chinesa. Além do processo de ocidentalização da cesta de consumo, a ingestão de proteína animal cresceu significativamente, o que é impulsionado, principalmente, pela melhoria dos níveis de renda e pelo rápido desenvolvimento da nutrição e da educação orientadas para a saúde (Guo, 2020).

Entre os produtos selecionados, a carne suína é a única com tendência de queda, por causa da ocorrência da Peste Suína Africana (PSA). O Documento nº 1 estabelece a proteção da capacidade produtiva de suínos, com adoção de mecanismos de longo prazo e prevenção de epidemias para seu desenvolvimento estável. Já a produção de leite subiu consideravelmente nos últimos anos. Comparado a 2001, o aumento foi de cerca de 235% em 2020 (NBS, 2021), e essa tendência tende a ser mantida já que consta do documento o fortalecimento da revitalização da indústria de laticínios. Para o setor de carnes bovina e ovina, são necessários fortes estímulos para alavancar a produção, que se manteve baixa nos últimos 20 anos. Serão desenvolvidas atividades nas duas indústrias, mas não foram devidamente especificadas.

Além da etapa de produção, outros pontos relevantes para a segurança alimentar são consi-

derados. É proposta a transformação do layout do comércio de produtos agrícolas, por meio da implementação de estratégias diversificadas na importação, de forma a apoiar a integração de empresas à cadeia de fornecimento global. Além disso, são indicadas ações de conservação de alimentos para a redução de perdas e desperdícios nas etapas de produção, distribuição, processamento, armazenamento e consumo (China, 2021b). Essa medida busca garantir de forma prioritária a oferta de alimentos a partir da produção doméstica e da importação. Como destacado anteriormente, o mau planejamento comercial de produtos agrícolas do governo chinês no fim da década de 1950, que dedicou parte considerável das suas produções à exportação, acarretou um dos maiores episódios de fome registrados no país.

Outro fator diretamente relacionado à produção agrícola é a disponibilidade de terras aráveis, recurso relativamente limitado na China. Ações para delimitar, gerenciar e controlar o layout dos espaços agrícolas, ecológicos, urbanos ou outros, presentes no Documento nº 1, são importantes na racionalização desse fator de produção. Para que isso ocorra, é necessário que haja esclarecimento sobre como as terras serão cultivadas: se para a produção de grãos para ração, produção de grãos para a alimentação humana, algodão, óleo, açúcar ou para outros produtos demandados pela região, com monitoramento e supervisão. Para complementar essa estratégia, é proposta a consolidação de terras agrícolas de qualidade, sobretudo nas principais áreas de produção de grãos, visando à proteção contra secas e inundações.

Com essas medidas, espera-se que a produção agropecuária interna garanta a soberania alimentar do país e possa também ser uma área-chave para a inserção competitiva no comércio internacional. Tendo em vista que as sementes são insumos cruciais para a produção de alimentos e determinantes para sua produtividade, ações de fortalecimento da proteção, desenvolvimento e uso de germoplasma agrícola, pecuário, avícola e de pesca estão incluídas no

documento. Essas ações são sustentadas, no longo prazo, por projetos de P&D de melhoramento biológico, proteção dos direitos de propriedade intelectual, projetos modernos de atualização da indústria de sementes e a aplicação industrial desse melhoramento. Segundo o documento, para estimular a oferta doméstica e a competitividade no cenário internacional, é preciso apoiar empresas líderes, incentivar a P&D e adotar políticas de subsídios relacionados. Assim, é possível estabelecer um desenvolvimento integrado entre a criação e a utilização efetiva (China, 2021b).

O desenvolvimento de P&D é um fator crucial para a modernização da agricultura e, por isso, considera-se fundamental que as lideranças do país forneçam suporte estável para esse tipo de investimento no campo da ciência e tecnologia agrícola. De acordo com o NBS (2021), tanto os indicadores monetários (como gastos com P&D e gastos para o desenvolvimento de novos produtos), quanto os que expressam a existência de inovação (como patentes e número de novos produtos), mostraram tendência de crescimento de 2009 até 2019. Esse resultado é verificado tanto nas indústrias de fabricação de alimentos quanto na indústria de processamento de produtos agrícolas. No primeiro caso, o período de 2011 a 2017 foi marcado por altas consideráveis desses indicadores, todos com elevações acima de 200% quando comparados com os valores de 2009 – o destaque é dado ao número de patentes em vigor, que já havia crescido mais de 500%. Embora os gastos com P&D tenham sofrido pequeno recuo em 2018, isso não parece ter influenciado diretamente os demais indicadores. O número de projetos de P&D, por exemplo, cresceu 20% de 2017 para 2018.

No caso da indústria de processamento de produtos agrícolas, o cenário não é muito diferente. Os indicadores cresceram mais expressivamente do que na indústria de fabricação de alimentos. Todos exibiram altas acima de 300% em relação a 2009, sobretudo o número de patentes em vigor, que já havia crescido mais de 1.000% (NBS, 2021). Em 2019 houve redução tanto dos gastos com o desenvolvimento de no-

vos produtos quanto dos gastos com P&D, mas os demais indicadores não recuaram. Em ambos os segmentos industriais, a taxa de crescimento exibiu valores mais expressivos de 2010 a 2016 e, finalmente, o crescimento foi mais estável. Isso indica que, mesmo com grandes avanços, existe a necessidade de um suporte mais estável para P&D no campo da ciência e tecnologia agrícola.

No Documento nº 1, é proposta a construção de plataformas de base de inovação e centros nacionais de ciências agrícolas com características regionais adaptáveis. Ao mesmo tempo, deve-se desenvolver profundamente ações de apoio à ciência e tecnologia para realizar a revitalização rural e investir em universidades para contribuir com a sua promoção, o que causaria o estreitamento da relação da inovação com a população rural (China, 2021b). Outra questão fundamental, já mencionada, é melhorar a capacidade de P&D para o desenvolvimento de máquinas e equipamentos agrícolas, usando como base as necessidades locais para adaptação e emprego da mecanização inteligente (China, 2021b). Os dados do NBS (2021) apontam que, em referência à mecanização agrícola, houve avanços consideráveis no número de colheitadeiras e tratores de médio e grande portes, mesmo que este último tenha recuado a partir de 2018.

Outra questão, para garantir o aumento da produção, é que se deve levar em conta o desenvolvimento da agricultura verde, que se tornou essencial no mundo a partir da relevância dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). De acordo com Sachs et al. (2020), a China precisa intensificar medidas dedicadas ao alcance do ODS “Vida na terra”, que faz referência à proteção, restauração e promoção do uso sustentável de ecossistemas terrestres. Isso é relevante porque, conforme os autores, existem muitos gargalos a ser eliminados na busca desse ODS. Desse modo, medidas sustentáveis são excepcionais, inclusive para a visibilidade da China nesse âmbito do comércio internacional.

Sachs et al. (2020) destacam também a necessidade de políticas voltadas para o ODS “Vida abaixo da água”. O estudo aponta a per-

manência dos principais desafios na busca desse objetivo, já que os esforços da China para superá-los foram considerados estagnados nos últimos anos. Por isso, a conservação dos recursos aquáticos, a aquacultura sustentável, o monitoramento e fiscalização da aplicação da lei da pesca e o controle e prevenção da poluição são medidas de destaque no Documento nº 1.

A medida inicial para o desenvolvimento da agricultura verde incluída nos documentos é a redução do uso de pesticidas e fertilizantes. De fato, o uso vem decrescendo nos últimos anos e, dada a rigidez da proposta de redução, o recuo deverá ser em proporções ainda maiores. A China exibiu notável aumento no uso de pesticidas, aproximadamente 42% de 2001 para 2014. Mas a partir de 2015 a redução também foi significativa, chegando a cerca de 30% em 2019, percentual menor que o de 2014 (NBS, 2021). O uso dos fertilizantes é em quantidade menor que a dos pesticidas, mas sua redução ocorre de forma mais lenta. O plano propõe, como forma de alcançar a redução ideal desses insumos químicos, a promoção de tecnologia verde para controle de pragas e doenças e o uso de esterco em substituição aos fertilizantes, por exemplo.

Questões ambientais específicas, como economia de água, gestão da desertificação, erosão, poluição do solo, controle da superexploração e a restauração constante do ambiente ecológico, são metas igualmente essenciais. Vale ressaltar os propósitos de fortalecimento da segurança alimentar e renda dos pequenos produtores por meio de produtos verdes, orgânicos e geograficamente indicados mediante certificação. Com isso, o governo espera alcançar o propósito de construir um país sem pobreza e com produtos agrícolas com qualidade e segurança (China, 2021b).

Outra estratégia para a manutenção da renda das zonas rurais é conferir papel fundamental às indústrias rurais, que possibilitam o alargamento da geração de empregos. O intuito principal das ações é que as indústrias rurais aproveitem os recursos regionais e as vantagens locais para a construção de parques industriais

agrícolas modernos, cidades industriais agrícolas robustas, aglomerados industriais com vantagens características e parques de demonstração de tecnologia para o desenvolvimento integrado de indústrias rurais primária, secundária e terciária. Isso fornaria um ambiente favorável para a criação de novas entidades empresariais agrícolas, o que contribuiria para a construção de um mercado sólido de produtos agrícolas e uma rede central de circulação de produtos, substanciais para promoverem a integração entre a agricultura de lazer e o turismo rural (China, 2021b).

Uma questão delicada tratada nas políticas agrícolas chinesas é a preocupação com a renda dos pequenos produtores agrícolas. O 18º Documento nº 1 defende que a gestão agrícola deve se concentrar em apenas dois tipos de entidades empresariais: a agricultura familiar e as cooperativas de agricultores (China, 2021b). Para a primeira, o objetivo é implementar um plano de cultivo em larga escala para que as propriedades agrícolas familiares se tornem vigorosos estabelecimentos. Quanto às cooperativas, deseja-se promover melhorias dos benefícios aos cooperados, que incluem desde reformas abrangentes no fornecimento, produção e comercialização até a garantia de crédito mediante operações padronizadas.

Em paralelo, há orientações para desenvolver e expandir organizações especializadas em serviço social agrícola e fornecer insumos, tecnologias e equipamentos avançados destinados aos pequenos produtores. Cabe salientar também a promoção da especialização desses agricultores, via educação acadêmica e integração de pessoas da zona urbana para empreender e inovar nas áreas rurais. Assim, ambos – pequenos produtores da zona rural (agricultores) e empreendedores da zona urbana – poderão participar ativamente da revitalização rural e da construção de uma agricultura moderna.

A parte iv do 14º Plano Quinquenal menciona a implementação de ações de construção rural, e seu objetivo é melhorar as condições cotidianas nas áreas rurais (China, 2021a). São medidas para promover a equidade entre as zonas

urbanas e rurais dos serviços públicos básicos, como saúde, educação, segurança e emprego, além de aperfeiçoar a infraestrutura, o fornecimento de água, energia e internet, estradas, o saneamento básico e o ambiente ecológico na zona rural como um todo. Entre as mudanças propostas, estão inclusos o planejamento de layouts de vilarejos e aldeias rurais, a serem elaborados de forma personalizada de acordo com características e vantagens locais; e medidas para impulsionar a integração urbano-rural, por meio de reformas logísticas e fornecimento de estrutura para trabalhadores rurais nos municípios. Entre os principais projetos de infraestrutura estão a implementação do sistema rodoviário principal e a construção de estradas para viabilizar o transporte de recursos e insumos produtivos, além de viabilizar o desenvolvimento das indústrias, o turismo e a integração urbano-rural e entre aldeias.

Outro projeto essencial de infraestrutura contido no plano é a garantia do abastecimento de água. A efetivação dessa proposta ocorre por meio da construção de fontes de água estáveis para cada pequeno produtor e a construção de pequenos reservatórios – esta última proposta já está em vigência. O uso de pequenos reservatórios nas zonas rurais vem aumentando desde 2012 – essa categoria corresponde a 95% de todos os reservatórios já implementados (NBS, 2021). Todavia, existem metas de longo prazo no 18º Documento nº 1 para a resolução efetiva das questões de acesso à água. Trata-se de implementar a construção de projetos de abastecimento em grande escala, conduzir a padronização dos projetos de pequena escala e promover a integração dos abastecimentos de água urbano e rural. Espera-se que até 2025 a taxa de penetração da água canalizada rural atinja 88% (China, 2021b).

Em relação às fontes de energia, deseja-se implementar projetos de construção de energia limpa, intensificar a construção de redes elétricas e consolidar o nível de segurança energética rural, já que, nos últimos 20 anos, o consumo de eletricidade na zona rural cresceu 263% (NBS, 2021). Declara-se também o plano de geração

de energia a partir da biomassa rural, bem como o fortalecimento da utilização limpa do carvão, proposições consistentes com a ideia de validar a sustentabilidade rural. Outras metas do plano são a promoção do acesso efetivo ao gás no campo e o apoio à construção de estações de armazenamento e abastecimento de gás para redes de microdutos.

No âmbito dos processos digitais, uma medida de inovação no campo diz respeito ao desenvolvimento digital na zona rural. As recomendações das reformas incluem a construção de redes óticas e 5G com boa infraestrutura de informação e comunicação, agregando-os para a transformação da agricultura inteligente e estabelecimento de *big data* agrícola para auxiliar na produção. Essas medidas também contribuirão para o monitoramento de desastres naturais e para a digitalização dos serviços públicos rurais.

Ações específicas e de curto prazo também foram destacadas. Nos ambientes da zona rural e de assentamentos, são indicadas reformas básicas para melhorar a qualidade de vida da população, que incluem a instalação de banheiros, tratamento de esgoto, coleta de lixo, limpeza e “ecologização”. Todavia, o papel do serviço público para manutenção e consolidação dessas ações é considerado essencial, sendo necessário o aperfeiçoamento do nível dos serviços públicos básicos nas áreas rurais, com ações voltadas a benfeitorias na qualidade da educação básica e profissional, melhorias na gestão da saúde, promoção de emprego, políticas assistencialistas focalizadas, estímulo do consumo e serviços culturais, visando a uma maior paridade na divisão dos serviços e recursos públicos rurais e urbanos. Dessa maneira, acelerar o desenvolvimento integrado das áreas urbanas e rurais é indispensável. Para isso, é preciso eliminar as desvantagens institucionais da divisão urbano-rural e estabelecer um canal para o intercâmbio igualitário com fluxo bidirecional. Isso inclui tanto transformar o espaço rural para um ambiente atrativo quanto fornecer condições específicas em municípios para os trabalhadores migrantes oriundos das áreas rurais.

As medidas de construção rural diretamente relacionadas às de infraestrutura dependem da efetividade dos investimentos. Ou seja, é necessário que a agricultura e as áreas rurais continuem como questão prioritária do orçamento público geral. Portanto, é indispensável a formulação e a implementação de medidas orçamentárias ligadas às áreas rurais, como elevar a receita de transferências de terras usadas na agricultura, estimular a emissão de títulos para a construção por intermédio dos governos locais, a atração de investimentos financeiros, a participação de capital e a criação de fundos para a revitalização rural que apoiem o desenvolvimento das indústrias rurais. Essas ações buscam incentivar o governo e as instituições financeiras a apoiar a revitalização rural por meio da concessão de crédito e do desenvolvimento de produtos financeiros exclusivos e em formatos personalizados. O uso de ferramentas de políticas, como “reempréstimos” e redesconto para suportar a agricultura e pequenos negócios, é um exemplo.

Outro pressuposto fundamental para o desenvolvimento abrangente das áreas rurais é que os direitos de propriedade devem estar bem definidos. Para isso, é proposto um sistema de direitos de propriedade rural baseado em um mecanismo de alocação dos fatores orientados para o mercado, com o intuito de estimular integralmente a força motriz endógena do desenvolvimento rural. É importante dar prioridade às propriedades coletivas quanto à gestão de contrato familiar e à extensão do contrato de terra – que a priori era de 30 anos –, para que a estabilidade da relação do agricultor com a terra se mantenha. Outra proposta é explorar maneiras eficazes de fazer a separação da propriedade em relação à propriedade rural dos direitos de qualificação e dos direitos de uso. Depois dessas definições, é esperado que ocorra a garantia ao direito de contratação de terras e de uso da propriedade rural, bem como a distribuição coletiva de renda aos agricultores que venham a se instalar nas cidades.

A última parte (v) trata especificamente dos procedimentos para fortalecer a liderança do PCC sobre as “três questões rurais”: agricultura, áreas rurais e os agricultores. O documento defende que uma liderança forte e responsável, que abrange agentes políticos e sociedade, nor-teada pelo Regulamento do Partido Comunista da China sobre o Trabalho Rural, é peça fundamental para a redução da pobreza e alcance integral da revitalização rural. Pela seleção de uma equipe forte e engajada, com participação da comunidade rural, somada à elaboração de mecanismos de trabalho eficientes na forma de apoio, avaliação, supervisão e um rigoroso sistema de fiscalização e avaliação central, é possível efetivar as medidas pretendidas para o alcance dos objetivos do 14º Plano Quinquenal no período estipulado.

Portanto, o 18º Documento nº 1 reúne as medidas de política nacional mais importantes da China. Essa edição, em especial, pôde convergir e integrar-se ao 14º Plano Quinquenal e ao marco do início do próximo centenário da China. Novamente, o Documento nº 1 deu prioridade à agricultura e às áreas rurais, com foco nas “três questões rurais” para a promoção da agricultura moderna e a revitalização rural, o que foi essencial para o entendimento das medidas para o alcance do desenvolvimento agrícola e rural de alta qualidade propostas no 14º Plano Quinquenal. Ambos abordam a política agrícola de forma ampla, sugerindo medidas específicas e reformas estruturais, englobando todos os agentes econômicos envolvidos e fatores de todas as etapas de produção.

Considerações finais

O objetivo deste estudo foi analisar, a partir de um contexto histórico-econômico, as principais medidas governamentais adotadas pela China para o desenvolvimento do setor agrícola. A partir da década de 1950, falhas na condução de políticas voltadas para a agricultura foram responsáveis por episódios de fome severa no país, que resultou em milhões de mortes e incremento da pobreza no meio rural. Os primeiros anos do

governo de Mao Zedong foram caracterizados por uma reforma agrária ampla, juntamente com o desenvolvimento de formas de cooperação coletivas. A ideia principal, quando criadas as comunas, era a maximização da produção de grãos.

A Grande Fome Chinesa foi instaurada num cenário em que houve queda expressiva da produção de alimentos, principalmente a partir de 1959. Além disso, as elevadas compras governamentais das áreas rurais, combinadas com um cenário de problemas climáticos, pragas e a realocação dos agricultores para a produção de ferro e aço, foram os principais responsáveis pela fome instaurada na época do Grande Salto para Frente (1958 a 1962), com elevados índices de mortalidade. Foi só em 1961 que o problema alimentar interno da China começou a exercer influência sobre o comércio internacional de grãos, com o aumento significativo das importações e redução das exportações.

Em 1978, com Deng Xiaoping no poder, começa um período marcado pela segunda revolução rural. O primeiro momento da revolução rural, de 1979 a 1984, marca as alterações no uso da terra com o intuito de capacitar os agricultores no arrendamento territorial. O segundo momento, entre 1985 e 1991, liderado por Li Xiannian e Yang Shangkun, é marcado pelas reformas com orientação para o mercado e o início da industrialização rural. No terceiro momento, de 1992 a 2003, no governo de Jiang Zemin, a abordagem da economia de mercado é consolidada no plano oficial de reformas. E na quarta etapa, de 2004 até os dias atuais, comandada por Hu Jintao e Xi Jinping, verifica-se um processo de transformação e modernização da agricultura.

A rápida evolução do crescimento econômico chinês nos últimos anos fez com que milhares de pessoas saíssem da pobreza, alterando os padrões de consumo daquela sociedade, que era basicamente de grãos. É notória a criação de políticas agrícolas na China conduzidas para o atendimento à demanda crescente de produtos agropecuários e é também observada a preocupação e avanço do país no crescimento e de-

envolvimento do setor agrícola. Por essa razão, desde 1953 a economia chinesa cria modelos de políticas para o desenvolvimento econômico e social, os planos quinquenais. Neles, são inseridas metas de médio e longo prazos para diversos setores, incluindo o agrícola. Foi com a elaboração desses planos que a China passou de uma nação pobre, com problemas severos de fome nos primeiros anos da República Popular, para a segunda maior economia mundial.

A posição da China no cenário internacional está atrelada principalmente a setores mais intensivos em tecnologia, ensejando a necessidade de atenção especial para o setor agrícola. Diante disso, nos anos recentes, documentos relevantes de política chinesa, como o Documento nº 1, têm sido destinados para a agricultura e as zonas rurais. O processo acelerado de urbanização e industrialização contribuiu para uma considerável disparidade de infraestrutura e renda entre as zonas urbana e rural. Apesar de o país ter alcançado avanços significativos no meio rural, ainda é necessário que haja transformações estruturais no setor agrícola, como a integração das indústrias e uma revitalização no ambiente rural, e esses são os próximos passos.

Embora questões relacionadas à China estejam sempre em debate, poucos estudos analisaram a evolução de sua política agrícola. De modo específico, como essas reformas afetaram, inicialmente, de modo negativo a sociedade e, com o passar do tempo, se solidificaram e passaram a ser extremamente importantes no combate à fome e à pobreza. Além disso, foi possível observar os resultados das decisões de política no setor agrícola e nas zonas rurais levando-se em consideração questões conjunturais.

Referências

ANDERSON, K.; STRUTT, A. Food security policy options for China: lessons from other countries. **Food Policy**, v.49, p.50-58, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.06.008>.

ASHTON, B.; HILL, K.; PIAZZA, A.; ZEITZ, R. Famine in China: 1958-61. **Population and Development**

- Review, v.10, p.613-645, 1984. DOI: <https://doi.org/10.2307/1973284>.
- BANISTER, J. **China's changing population**. California: Stanford University Press, 1987.
- CHANG, G.H.; WEN, G.J. Communal dining and the Chinese famine of 1958-1961. **Economic Development and Cultural Change**, v.46, p.1-34, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1086/452319>.
- CHINA. Governo Central da República Popular da China. **Décimo quarto Plano Quinquenal para o desenvolvimento econômico e social nacional da República Popular da China (2021-2025) e as metas de longo prazo para 2035**. Pequim, 2021a.
- CHINA. Governo Central da República Popular da China. **Opiniões do comitê central do Partido Comunista da China e do conselho de Estado sobre a promoção abrangente da revitalização rural e a aceleração da modernização agrícola e rural**. Pequim, 2021b.
- CHRISTIANSEN, F. Food security, urbanization and social stability in China. **Journal of Agrarian Change**, v.9, p.548-575, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0366.2009.00231.x>.
- ESCAP. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. **Agricultural trade: planting the seeds of regional liberalization in Asia**. New York: United Nations, 2007. (ESCAP. Studies in Trade and Investment, 60).
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- GALE, F.; HUANG, K. **Demand for food quantity and quality in China**. Washington: USDA, 2007. (Economic Research Report, n.32).
- GUO, P. The agricultural and rural sector in China: an overview. In: JANK, M.S.; GUO, P.; MIRANDA, S.H.G. de (Ed.). **China-Brazil partnership on agriculture and food security**. Piracicaba: Esalq, USP, 2020. p.46-71.
- HUANG, J.; YANG, G. Understanding recent challenges and new food policy in China. **Global Food Security**, v.12, p.119-126, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.10.002>.
- HUANG, Z.; LIANG, Q. Agricultural organizations and the role of farmer cooperatives in China since 1978: past and future. **China Agricultural Economic Review**, v.10, p.48-64, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1108/CAER-10-2017-0189>.
- IWAKI, G.P. Futuro da China pode “secar” com a falta de água. **Portal Tratamento de Água**, 23 ago. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3li5nEv>>. Acesso em: 25 out. 2021.
- KROEBER, A.R. **China's economy: what everyone needs to know**. New York: Oxford University Press, 2016. 331p.
- KROEBER, A.R. **China's economy: what everyone needs to know**. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2020. 464p.
- KUNG, J.K.-S.; LIN, J.Y. The causes of China's great leap famine: 1959-1961. **Economic Development and Cultural Change**, v.52, p.51-73, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1086/380584>.
- LAM, H.-M.; REMAIS, J.; FUNG, M.C.; XU, L.; SUN, S.S.-M. Food supply and food safety issues in China. **The Lancet**, v.381, p.2044-2053, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60776-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60776-X).
- LEITE, A.C.C. A industrialização de áreas agrícolas na China: uma consequência do recente desenvolvimento chinês. **Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política**, n.36, p.91-116, 2013.
- LEUSIN JR., S. A China e sua agricultura: desafios e possíveis implicações para o Brasil. **Panorama Internacional**, v.2, 2017.
- LI, X.; YANG, D.T. The great leap forward: anatomy of a central planning disaster. **Journal of Political Economy**, v.113, p.840-877, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1086/430804>.
- LIANG, X. The evolution of township and village enterprises (TVEs) in China. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v.3, p.235-241, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1108/14626000610665935>.
- LIN, J.Y.; YANG, D.T. Food availability, entitlements and the Chinese famine of 1959-61. **The Economic Journal**, v.110, p.136-158, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00494>.
- MAO, F.; GUO, W. A literature review on structural reform of agricultural supply side. **Advances in Social Science, Education and Humanities Research**, v.119, p.1366-1371, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2991/essaeme-17.2017.282>.
- MENG, X.; QIAN, N.; YARED, P. The institutional causes of China's great famine, 1959- 1961. **The Review of Economic Studies**, v.82, p.1568-1611, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/restud/rdv016>.
- MONTE, D. de C.; LOPES, D.B.; CONTINI, E. China: nova potência também no agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, ano26, p.107-123, 2017.
- NBS. **National Bureau of Statistics of China**. 2021. Disponível em: <<https://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=C01>>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024. Paris: OECD, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3FtbZxM>>. Acesso em: 21 out. 2021.
- SACHS J.; SCHMIDT-TRAUB, G.; KROLL, C.; GUILLAME LAFORTUNE, G.; FULLER, G. **Sustainable development**

report 2020: the sustainable development goals and Covid-19. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

SMIL, V. China's great famine: 40 years later. **BMJ**, v.319, p.1619-1621, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.319.7225.1619>.

WANG, J. Construction of optimization path of agricultural products supply and demand based on the perspective of supply-side structural reform. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT, EDUCATION TECHNOLOGY AND ECONOMICS, 2019, Fuzhou, China. **Proceedings**. Fuzhou: Atlantis Press, 2019. Editors: Hongxia Zhao, Zhong Chen and Feng

Liang. (ICMETE 2019). DOI: <https://doi.org/10.2991/icmete-19.2019.112>.

WORLD BANK. **World Bank Open Data**. Disponível em: <<https://bit.ly/30yhUmV>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

YU, W.; JENSEN, H.G. China's agricultural policy transition: impacts of recent reforms and future scenarios. **Journal of Agricultural Economics**, v.61, p.343-368, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00242.x>.

ZHANG, Q.F.; OYA, C.; YE, J. Bringing agriculture back in: the central place of agrarian change in rural China studies. **Journal of Agrarian Change**, v.15, p.299-313, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/joac.12115>.

Perspectivas das exportações de etanol no Brasil¹

Daniela Tatiane de Souza²
José Dilcio Rocha³
Osvaldo Tadatomo Oshiro⁴
Rafael Mingoti⁵

Resumo – As exportações brasileiras de etanol podem se beneficiar da crescente busca por uma economia de baixo carbono e por adequações no balanço entre a oferta e a demanda nacional por esse biocombustível. Desde 2012, o País elevou a produção, que atingiu o pico em 2019, com 35,3 bilhões de litros. As vendas do produto passaram de 9,8 bilhões de litros em 2012 para 16,8 bilhões de litros em 2021. Este artigo traça algumas perspectivas para as exportações de etanol até 2031, à luz de um estudo da Empresa de Pesquisa Energética e de informações sobre a produção de açúcares totais recuperáveis (ATR) no País. O método de pesquisa baseou-se em adaptações preditivas para cenários distintos de crescimento de oferta e demanda do biocombustível. Os resultados indicam que há potencial para expansão das exportações até 2031, mas há também a necessidade de se ampliar a capacidade de produção, de modo a favorecer a transição energética nacional.

Palavras-chave: cenários, demanda, oferta.

Perspectives for ethanol exports in Brazil

Abstract – Brazilian ethanol exports may benefit from the growing search for a low-carbon economy and from adjustments in the balance between the national supply and demand for this biofuel. Since 2012, the country's production of biofuel has been increasing, and peaked at 35.3 billion liters in 2019. Biofuel sales grew from 9.8 billion liters in 2012 to 16.8 billion liters in 2021. This article gives an outlook for ethanol exports through to 2031, built from a study by Empresa de Pesquisa Energética and from some information on the production of total recoverable sugars (ATR) in the country. The research method was based on predictive adaptations for different scenarios of supply and demand by this biofuel. The results indicate that there is potential for exports to grow until 2031; however, there is also the need to boost the country's production capacity, in order to facilitate the national energetic transition.

Keywords: scenarios, demand, supply.

¹ Original recebido em 30/9/2022 e aprovado em 1º/2/2023.

² Economista, doutora, Embrapa Territorial. E-mail: daniela.souza@embrapa.br

³ Engenheiro Químico, doutor, Embrapa Territorial. E-mail: jose.rocha@embrapa.br

⁴ Engenheiro da Computação, Embrapa Territorial. E-mail: osvaldo.oshiro@embrapa.br

⁵ Engenheiro-agrônomo, Embrapa Territorial. E-mail: rafael.mingoti@embrapa.br

Introdução

O Brasil está numa condição singular de promoção de suas fontes de energia renovável. Os compromissos climáticos firmados por economias em busca de uma matriz energética limpa e com baixa emissão de carbono, de um lado, e as potencialidades brasileiras das fontes de biomassa agroindustriais, de outro, trazem oportunidades relevantes no contexto da sustentabilidade ambiental.

A biomassa da cana-de-açúcar é considerada uma opção promissora na agenda de transição energética global, por ser a fonte renovável que abrange a maior parcela na matriz energética, 19,1% em 2021, segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2021a). Espera-se que o etanol contribua significativamente para as metas de descarbonização estabelecidas pelo Brasil na 26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP-26). Entre as metas, estão a redução de 50% das emissões de gases de efeito estufa e uma participação de 45% a 50% de fontes renováveis na matriz energética brasileira até 2030 (Malzoni, 2021). Esse papel, contudo, deve ser balizado por um conjunto de ações sobre a infraestrutura necessária para alcançar essas metas, visando a uma transição energética coordenada.

As exportações brasileiras de etanol dependem, em grande medida, das políticas tarifárias e não tarifárias dos países importadores e de subsídios aos produtores domésticos, com destaque para os Estados Unidos (Rosa et al., 2018). Schutte & Barros (2010) também já haviam apontado que, no início do século 21, o Brasil enfrentava grandes desafios para se consolidar como exportador de etanol, entre eles a estabilização do mercado internacional para o produto. Assim, seria necessário diminuir as restrições à entrada do etanol nos países ricos e fazer frente ao grande número de países produtores que, por condições naturais e estratégias de desenvolvimento, concentram-se na África e na América Central (países pobres).

Essas necessidades estariam em consonância com o objetivo de commoditização do

etanol. Essa internacionalização depende não só do aumento do número de países produtores de etanol e das porcentagens de mistura, obrigatórias ou não, mas também de fatores que dificultam sua conversão em commodity global (Rached, 2011). Mais recentemente, a guerra entre Rússia e Ucrânia evidenciou a necessidade de diversificação de fontes de energia. A demanda mundial por etanol, notadamente por países que não são produtores relevantes, pode ser uma importante oportunidade para o Brasil (Leão & Tauszig, 2022).

Este artigo traça perspectivas para as exportações brasileiras de etanol à luz da oferta e demanda do produto, com base em premissas e metas estipuladas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021b), e avança em análises que envolvem o atrelamento dos preços dos açúcares totais recuperáveis (ATR) à oferta do produto.

Constatou-se que, no cenário de crescimento médio, as quantidades exportadas do produto podem atingir 2.305.890 litros de etanol em 2031, com preços variáveis conforme sua oferta. Prevê-se que a demanda por etanol oscile de acordo com as vendas do ciclo Otto e atinja 38,3 bilhões de litros no mesmo ano (crescimento médio). Embora o ritmo de expansão das exportações até 2031 possa ser considerado relativamente moderado, as metas nacionais de redução de CO₂, que exigirão cerca de 50 bilhões de litros de etanol de cana-de-açúcar (Rodrigues, 2022), requerem melhor dimensionamento da oferta e demanda do produto e estratégias coordenadas em direção a uma economia de baixo carbono.

Panorama da produção de cana e etanol no Brasil

Biomassa da cana para etanol

A produção de cana é bastante pulverizada no Brasil. Em 2019, 16 municípios respondiam por 10% da área colhida no País (Tabela 1), valor bem maior que o verificado em 2000,

Tabela 1. Cana-de-acúcar – área colhida entre 2000 e 2019 (ha).

Município	Área colhida em 2000 (ha)	Part. relativa 2000 (%)	Part. acum. 2000 (%)	Área colhida em 2019 (ha)	Part. relativa 2019 (%)	Part. acum. 2019 (%)
Morro Agudo, SP	78.000	1,6		99.000	1,0	
Nova Alvorada do Sul, MS	4.094	0,1	1,7	94.925	0,9	1,9
Rio Brillhante, MS	14.841	0,3	2,0	86.822	0,9	2,8
Uberaba, MG	5.000	0,1	2,1	83.900	0,8	3,6
Quirinópolis, GO	0	0,0	2,1	70.964	0,7	4,3
Barretos, SP	16.000	0,3	2,5	67.200	0,7	5,0
Guaíra, SP	23.000	0,5	2,9	62.000	0,6	5,6
Costa Rica, MS	0	0,0	2,9	61.795	0,6	6,2
Valparaíso, SP	16.800	0,3	3,3	58.368	0,6	6,8
Frutal, MG	3.600	0,1	3,4	55.360	0,5	7,3
Jaboticabal, SP	40.000	0,8	4,2	54.000	0,5	7,9
Ivinhema, MS	0	0,0	4,2	52.764	0,5	8,4
Denise, MT	24.520	0,5	4,7	52.720	0,5	8,9
Angélica, MS	0	0,0	4,7	51.793	0,5	9,4
Mineiros, GO	15	0,0	4,7	50.000	0,5	9,9
Paraguaçu Paulista, SP	36.500	0,8	5,5	49.200	0,5	10,4
Piracicaba, SP	40.000	0,8	6,3	48.000	0,5	10,9
Goiatuba, GO	5.244	0,1	6,4	47.800	0,5	11,4
Ituverava, SP	13.600	0,3	6,7	47.500	0,5	11,8
Barra do Bugres, MT	19.834	0,4	7,1	46.904	0,5	12,3
Total – 20 municípios	341.048			1.241.015		
Total – Brasil	4.804.511			10.081.170		

Fonte: IBGE (2021).

quando os mesmos municípios responderam por apenas 5,5% da área colhida (IBGE, 2021). As maiores áreas colhidas foram identificadas em Morro Agudo, SP, 99.000 ha; Nova Alvorada do Sul, MS, 94.925 ha; Rio Brillhante, MS, 86.222 ha; e Uberaba, MG, 83.900 ha. Destacam-se o elevado crescimento da área colhida em Nova Alvorada do Sul em 2019, 23 vezes maior que a área colhida em 2000, e o aumento de 17 vezes em Uberaba no mesmo período, mas também a entrada de novos municípios produtores, como Quirinópolis, GO, Costa Rica, MS, Ivinhema, MS e Angélica, MS, que exibiram um novo perfil socioeconômico a partir da expansão da cana

para o Centro-Oeste. Quirinópolis, que na década de 2000 era grandemente reconhecida pela produção de gado e soja, assistiu à expansão do número de usinas, empresas e universidades relacionadas à atividade canavieira no período (Alves & Silva, 2017).

Como reflexo da área colhida, 16 municípios respondiam também por 10% da quantidade produzida em 2019, com destaque para Morro Agudo, 7,6 milhões de toneladas; Uberaba, 6,8 milhões; Nova Alvorada do Sul, 6,5 milhões; e Rio Brillhante, 6,3 milhões (IBGE, 2021). A área destinada ao setor sucroenergético cresceu expressivamente de 2000 a 2019, principalmente

por causa do aumento da demanda por etanol para veículos flex e do mercado de açúcar.

A Tabela 2 mostra as quantidades das fontes de biomassa destinadas para a produção de etanol no Brasil em 2021.

Ao contrário do que acontece em outras atividades agrícolas, como o plantio de milho, que pode ocorrer independentemente de haver na região uma indústria beneficiadora, a produção de cana em uma região exige pelo menos a usina para processá-la. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2022), em 2022 havia 416 usinas produtoras de açúcar e etanol no Brasil. Considerando-se que muitas

fazem parte do mesmo grupo, o número cai para 315 unidades – 35% em São Paulo, 12% em Goiás, 11% em Minas Gerais e 6% em Mato Grosso do Sul. O principal produtor de etanol no País é o grupo Raízen, cuja capacidade total de produção é de 151.481 m³/dia de etanol hidratado e 95.315 m³/dia de etanol anidro, seguido dos grupos Pedra Agroindustrial, Tereos Açúcar e Energia e FS Agrisolutions, todos com produções expressivas.

A produção de etanol de milho tem apresentado progresso considerável nos últimos anos e atingiu 2,4 bilhões de litros em 2020 (Unica, 2021). Em 2021, existiam 20 unidades em operação, com capacidades de processamento de

Tabela 2. Quantidade de matéria-prima utilizada na produção de etanol no Brasil em 2021 (t).

Estado	Cana-de-açúcar	Melaço	Bagaço ou palha de cana	Milho	Outras matérias-primas	Total
São Paulo	129.772.602	6.790.893	72.724	20.711	31.252	136.688.183
Goiás	50.567.418	511.944		875.812	33.038	51.988.212
Mato Grosso do Sul	30.437.775	370.833				30.808.608
Minas Gerais	25.459.403	2.084.979			217.315	27.761.697
Mato Grosso	10.916.266	91.435		5.909.356	1.545	16.918.602
Paraná	14.544.185	5.061		39.565	9.071	14.597.881
Paraíba	4.163.315	2.960				4.166.275
Bahia	3.431.023	66.093				3.497.116
Pernambuco	2.263.306	379.438			25.538	2.668.282
Alagoas	1.818.781	628.415	10.688			2.457.883
Tocantins	2.290.884					2.290.884
Maranhão	2.005.419	5.290				2.010.709
Rio de Janeiro	1.564.124					1.564.124
Espírito Santo	1.405.678	12			894	1.406.584
Sergipe	991.664	41.456				1.033.119
Rio Grande do Norte	964.693	45.515				1.010.208
Pará	648.873					648.873
Piauí	219.820	84.253				304.073
Amazonas	63.163					63.163
Rio Grande do Sul					2	2
Total	283.528.391	11.108.576	83.412	6.845.444	318.654	301.884.478

Fonte: ANP (2022b).

14,5 milhões de toneladas de milho e capacidade de produção de 3,7 bilhões de litros de etanol (IBGE, 2021). O Brasil conta também com duas plantas comerciais de etanol de celulose (E2G) (Granbio e Raízen), com capacidade de produção nominal de 60 milhões e 42 milhões de litros por ano, respectivamente, e que operam abaixo da sua capacidade nominal (Granbio, 2021; Raízen, 2021).

Oferta e demanda de etanol

Entre 2012 e 2021, a produção de etanol cresceu 21% e totalizou 29,9 bilhões de litros

em 2021, sendo 18,5 bilhões litros de etanol hidratado e 11,4 bilhões de etanol anidro, ou seja, 61,9% e 38,1%, respectivamente (ANP, 2022b). A Figura 1 mostra a expansão da produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2021.

Em 2019, a produção de etanol no País atingiu o pico de 35,3 bilhões de litros, influenciada pela retração do segmento de açúcar, com problema de excesso de oferta no mercado mundial à época. Em 2020, a demanda fragilizada pela pandemia de Covid-19 pressionou os valores de etanol e, na safra de 2021, as geadas e secas obrigaram as usinas do Centro-Sul a paralisarem

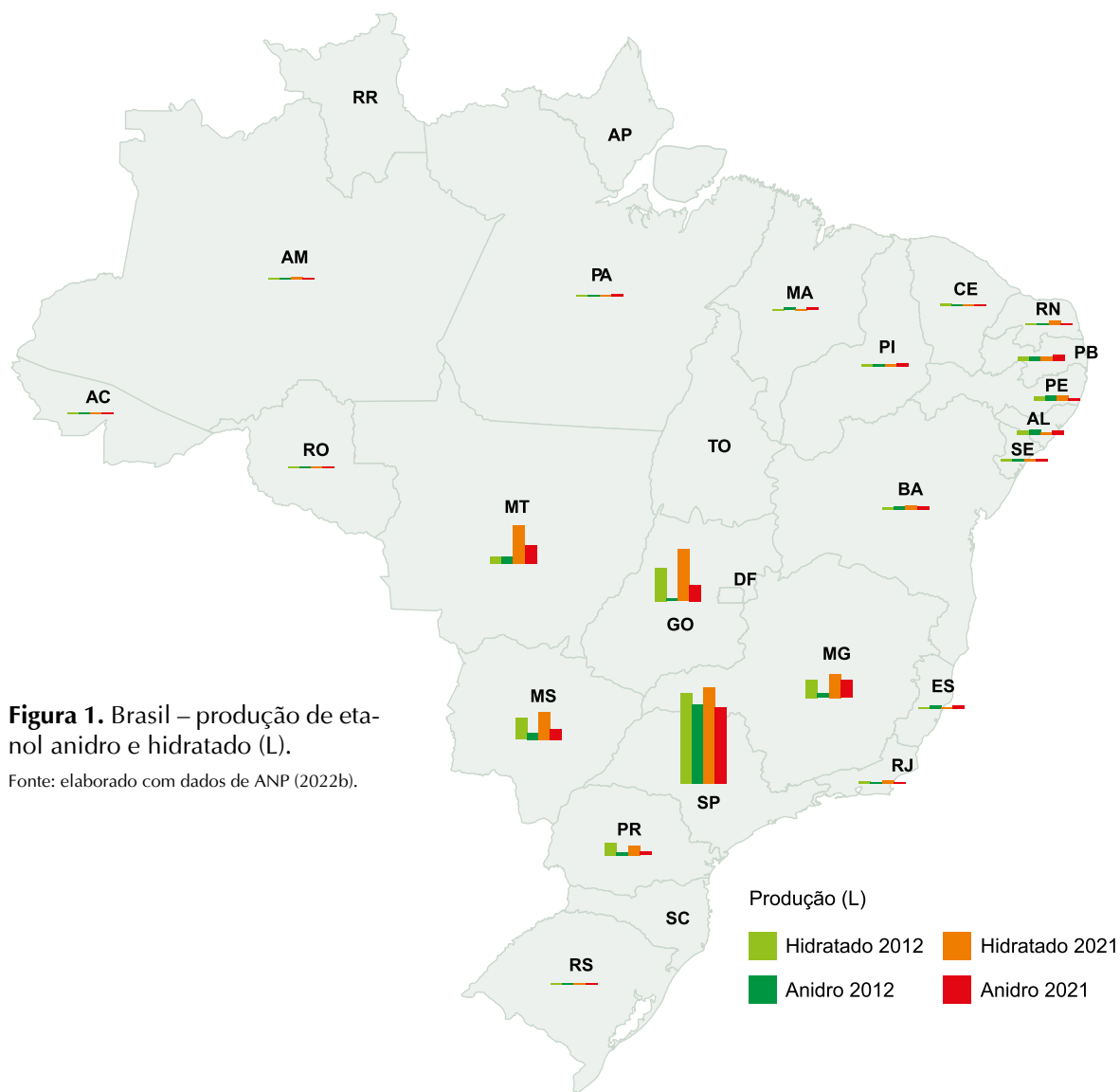


Figura 1. Brasil – produção de etanol anidro e hidratado (L).

Fonte: elaborado com dados de ANP (2022b).

a moagem de cana. Com a menor produção, os preços de venda nos postos subiram significativamente (Unica, 2019; Calcedoni, 2021).

Em 2021, as vendas de etanol foram de 27,4 bilhões de litros, acréscimo de 6,8 bilhões de litros em relação a 2012. Esse resultado decorreu do aumento das vendas de etanol hidratado, que passaram de 9,8 bilhões de litros em 2012 para 16,8 bilhões em 2021 (ANP, 2022c). A Figura 2 mostra as vendas de etanol anidro e hidratado no Brasil entre 2012 e 2021.

A Tabela 3 mostra o balanço entre produção, vendas, importações e exportações para

etanol anidro e etanol hidratado entre 2012 e 2021 no País. Por um lado, embora tanto a produção quanto as vendas tenham aumentado, o crescimento das vendas foi ligeiramente superior – a taxa de crescimento anual das vendas foi de 3,2% e a da produção, de 2,6%. Por outro, as exportações de etanol recuaram de 3 bilhões de litros para 1,9 bilhão, redução atribuída à queda das exportações de etanol anidro. Já as importações caíram de 553,8 milhões de litros para 432,2 milhões, sobretudo por causa da queda da demanda por etanol hidratado.

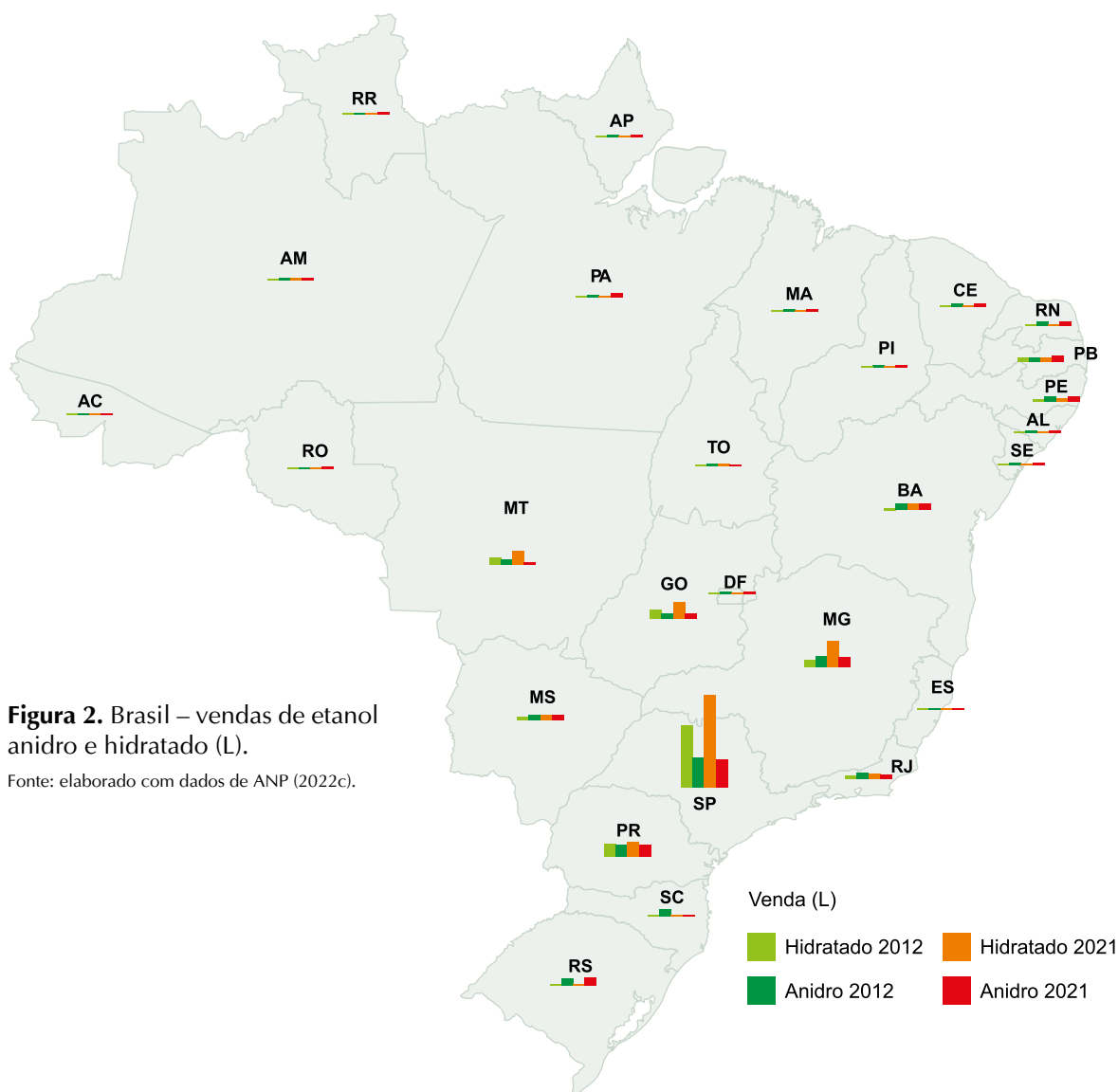


Figura 2. Brasil – vendas de etanol anidro e hidratado (L).

Fonte: elaborado com dados de ANP (2022c).

Tabela 3. Balanço entre produção, vendas e comércio exterior de etanol entre 2012 e 2021 (L mil).

Etanol	2012			2021		
	Hidratado	Anidro	Total	Hidratado	Anidro	Total
Produção	13.846.030	9.912.643	23.758.673	18.556.856	11.422.815	29.979.671
Vendas	9.850.180	10.718.383	20.568.563	16.791.705	10.615.684	27.407.388
Exportação	1.086.495	1.945.887	3.032.381	1.334.478	613.702	1.948.180
Importação	649	553.237	553.886	161	432.099	432.261
Saldo	2.910.004	-2.198.390	711.614	430.835	625.529	1.056.364

Fonte: Brasil (2022).

Procedimentos metodológicos

As predições para o mercado de etanol partem de premissas e metas já delineadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), mas agregam informações sobre o mercado de cana-de-açúcar no Brasil fornecidas pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (Unica), bem como fatores técnicos de conversão da cana-de-açúcar em etanol contidos nos relatórios do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (Consecana).

Os cenários aqui apresentados são preditivos para a tomada de decisão, segundo a tipologia de Van Notten et al. (2003), e caracterizam faixas de crescimento baixo, médio e alto, de 2021 a 2031, que variaram conforme as taxas de expansão mostradas na Tabela 4.

As etapas constituintes dos cenários envolveram a delimitação do objeto finalístico a ser estimado (exportações de etanol), a natureza das variáveis envolvidas (fatores relacionados à oferta e demanda do etanol, produção de cana por produto e por ATR), bem como as vendas de etanol considerando-se os veículos leves de ciclo Otto e as inter-relações entre esses fatores. A quantidade exportada de etanol depende dos excedentes do mercado doméstico:

$$XS = S - D \quad (1)$$

O produto ofertado pelo mercado (XS) é função da quantidade ofertada internamente (S)

menos a demanda interna (D). Logo, as funções de oferta e demanda podem ser descritas por

$$S = f(Prod_{et} - Imp_{et}) \quad (2)$$

e

$$D = f(V_{en}) \quad (3)$$

em que $Prod_{et}$ representa a produção de etanol; Imp_{et} é a quantidade de etanol importado; e V_{en} as vendas domésticas de etanol em função do ciclo Otto.

Com base no ATR produzido, abate-se a parcela destinada ao açúcar e inclui-se a produção de etanol de milho e de celulose, obtendo-se assim a produção nacional de etanol. Desse total, com a soma do etanol importado, resulta a oferta total de etanol. A demanda por etanol foi calculada a partir das frotas dedicadas, movidas a gasolina C e a etanol hidratado, bem como a parcela da demanda de veículos flex que será atendida por etanol hidratado e por gasolina C (EPE, 2021b).

Os cenários iniciais delineados pela EPE foram ajustados, notadamente no que se refere aos dados de entrada (produção de etanol) para 2021, já que o ano-base utilizado pela instituição foi o de 2020. Para 2031, os valores foram corrigidos considerando-se as taxas de crescimento anual de oferta e demanda previstas pela EPE. Além disso, foi calibrada a quantidade ofertada de etanol conforme os preços de açúcar e etanol e a quantidade produzida no período.

Tabela 4. Premissas dos cenários.

Premissa	Fonte dos dados
<p>Capacidade instalada de moagem</p> <p>Brasil apresenta capacidade de moagem de 657 milhões de toneladas de cana/ano</p> <p>Fator de capacidade de moagem para as usinas é de 90%</p> <p>Capacidade de moagem de usina média é de 3.700.000 toneladas de cana</p> <p>Indicadores técnicos da safra de cana foram fornecidos pelo Consecana (2021)</p>	EPE (2021b), Consecana (2021)
<p>Ajustes nos fatores do ano-base</p> <p>A oferta (produção), demanda (vendas de etanol) e as exportações de etanol foram atualizadas para o ano-base 2021 (e não 2020, como fornecidas pela EPE), e as taxas de crescimento são as seguintes:</p> <p>Oferta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crescimento baixo: 2,2% a.a. • Crescimento médio: 3,0% a.a. • Crescimento alto: 3,8% a.a. <p>Demanda</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crescimento baixo: 2,6% a.a. • Crescimento médio: 3,4% a.a. • Crescimento alto: 4,4% a.a. 	ANP (2022c) e EPE (2021b)
<p>Market share do etanol hidratado na frota flex fuel em 2031</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crescimento baixo: 43% • Crescimento médio: 45% • Crescimento alto: 46% 	ANP (2022c)
<p>Quantidade de cana-de-açúcar por produto, ATR por produto e mix de produção</p> <p>O rendimento industrial varia conforme a quantidade de ATR (açúcares totais recuperáveis) por tonelada de cana</p> <p>O mix de produção adotado foi de 45% de açúcar e 54% de etanol</p>	Observatório da Cana (2021), ANP (2022c)
<p>Preços</p> <p>Os preços do açúcar e do etanol são importantes determinantes da oferta de etanol</p>	
<p>Ciclo Otto</p> <p>A demanda por etanol está atrelada às vendas do ciclo Otto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crescimento baixo: 2,6% a.a. • Crescimento médio: 3,4% a.a. • Crescimento alto: 4,4% a.a. 	EPE (2021b)
<p>Exportações de etanol</p> <p>As quantidades exportadas de etanol em 2031 foram ajustadas pela taxa de crescimento de 1,7% a.a., estimada pela EPE (2021b)</p>	EPE (2021b)

A demanda por etanol anidro foi calibrada tendo em vista a venda de gasolina A e um market share do etanol hidratado na frota flex fuel de 45% no cenário de crescimento médio.

As perspectivas de exportação consideram, principalmente, a participação do etanol de cana no atendimento das metas da Renewable Fuel Standard (RFS) dos EUA. Os principais países importadores de etanol do Brasil continuarão sendo Coreia do Sul, EUA, Japão e União Europeia (EPE, 2021b).

Além das premissas da Tabela 4, considerou-se que a parcela obrigatória de adição de etanol anidro na gasolina C será mantida em 27%. Tal como a EPE (2021b), no cenário de crescimento médio, considerou-se um nível de expansão do setor com base em políticas de incentivos que ocorrerão com intensidade superior à do cenário baixo. No cenário de crescimento alto, ocorreriam diferenciações adicionais nas contribuições incidentes sobre o etanol e a gasolina e maior disponibilização de financiamento para o setor.

Resultados

A Figura 3 mostra a evolução das exportações de etanol no Brasil entre 2011 e 2031. Houve forte crescimento em 2012, superior a 3 bilhões de litros. Essa quantidade sofreu oscilações nos anos seguintes e atingiu 2,6 bilhões de litros em 2020. A pandemia de Covid-19 afetou sobretudo a demanda mundial por etanol em

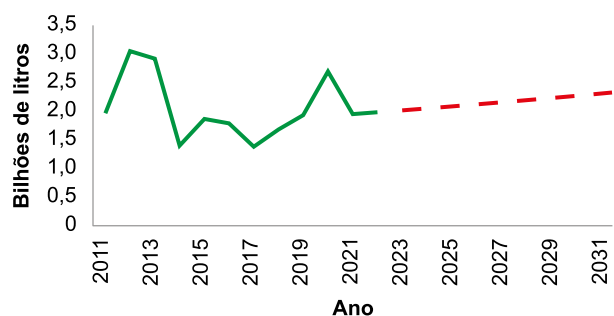


Figura 3. Brasil – exportações de etanol entre 2011 e 2031.

Fonte: EPE (2021b) e Brasil (2022).

2021, dada a redução da mobilidade da população e a ampliação da produção de açúcar. Com isso, as exportações de etanol regrediram para 1,9 bilhão de litros (Toledo, 2021). A tendência para os próximos anos é de aumento gradual dessas exportações à taxa de crescimento média em torno de 1,7% a.a., considerando-se a média de expansão dos últimos seis anos. Com as premissas delineadas neste estudo, estima-se a quantidade média exportada de 2.305.890 litros de etanol em 2031. Esse volume foi próximo do obtido pela EPE (EPE, 2021b), mas com atualizações para 2021.

É importante ressaltar que as perspectivas das exportações dependem sobretudo dos preços internacionais do produto e da variação cambial, mas também de outros fatores, como a vulnerabilidade da competitividade do comércio do etanol às condições climáticas e ao crédito interno e externo, a variação do preço do açúcar e o nível da demanda interna de etanol (Bittencourt et al., 2012).

Nos últimos cinco anos, os EUA responderam, em média, por 50% daquilo que o Brasil vendeu ao mercado externo. Em 2021, contudo, a fatia caiu para 24%, de acordo com dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex) compilados pelo Ministério da Agricultura. Já a Coreia do Sul, por muitos anos o segundo maior destino do etanol brasileiro, usou o produto só para fins industriais, e não como combustível. Mas em 2021, o país ultrapassou os EUA e foi responsável por 40% das exportações brasileiras: demandou 778 milhões de litros de etanol do País e os EUA, outros 465 milhões (Brasil, 2022). O número de destinos também cresceu. Em 2021, os 30 principais países importaram mais de 1,9 bilhão de litros de etanol do Brasil, quase o dobro dos principais países importadores em 2019. Alguns países reapareceram entre os principais destinos do etanol brasileiro, notadamente a China, para onde o Brasil embarcou 65 milhões de litros, e outros que tradicionalmente nunca importaram etanol brasileiro, como a Venezuela, que importou 18 milhões de litros em 2021.

Quanto ao consumo interno de combustível, o etanol receberá influência das condições econômicas do País e, conseqüentemente, do poder aquisitivo da população, em um cenário de menor renda real e maior taxa de juros. A questão pandêmica, com suas restrições de mobilidade e dependência do surgimento de novas variantes, também pode afetar o consumo de combustíveis, embora esse efeito possa não ter a magnitude como na situação passada. Certamente um dos fatores que terá grande influência no consumo do etanol é o preço do combustível fóssil (Cepea, 2022).

Em 2021, o mix de produção na safra brasileira foi levemente mais alcooleiro do que em 2020, com 54% de participação da cana dedicada ao etanol e 45% da cana dedicada ao açúcar. O açúcar total recuperável (ATR), que mede a qualidade da cana (a capacidade de conversão em açúcar e etanol) foi de 142,9 kg/t (Unica, 2021). A Tabela 5 mostra a quantidade de ATR obtida e o mix de produção por tipo de produto. Houve maior produção de etanol anidro (32,18% do mix de produção) e açúcar VHP (very high polarization) (27,74%).

É importante destacar que o cálculo do ATR está atrelado ao preço dos produtos finais derivados da cana. Ou seja, quando esses preços oscilam, o preço do ATR também tende a se alterar. Em épocas de excesso de oferta, o preço cai. Isso ocorre frequentemente no meio da safra, quando é alto o nível de estoque.

A Figura 4 mostra os preços de comercialização projetados para açúcar e etanol no mercado interno em 2031. Estimou-se um nível

de preços para o etanol anidro e açúcar atrelado à oferta de etanol em 2031, de modo que os preços do etanol hidratado continuariam sendo mais elevados do que os preços do açúcar.

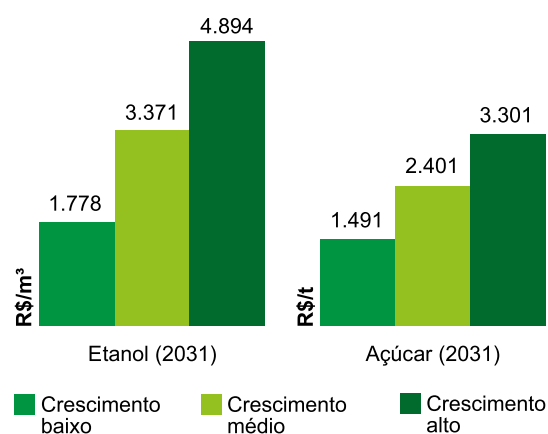


Figura 4. Brasil – preços do etanol e do açúcar no mercado interno em 2031.

Fonte: Observatório da Cana (2021) e EPE (2021b).

Em 2021, os preços atingiram em média R\$ 3.700/m³ para o etanol anidro e R\$ 2.600/t para o açúcar branco. O aumento dos preços do etanol em relação ao açúcar está em conformidade com a menor oferta, pois as vendas de etanol hidratado pelas usinas, notadamente no Estado de São Paulo, sofreram queda. Além disso, a conseqüente perda de competitividade do etanol hidratado em relação à gasolina C ajustou a demanda à redução de oferta (Calcidoni, 2021).

Quanto à demanda por etanol, atrelou-se a perspectiva, em 2031, conforme a demanda por ciclo Otto prevista pela EPE (2021b). Em um cenário de crescimento médio, essa quantidade

Tabela 5. Brasil – estimativa da quantidade de ATR por produto e preço do kg de ATR em 2021.

Produto	R\$/t	R\$/kg ATR	ATR (kg)	Mix de produção (%)
Açúcar branco	2.600	1,4740	89.865.794	17,71
Açúcar VHP	2.201	1,2528	140.736.705	27,74
Produto	R\$/m³	R\$/kg ATR	ATR (kg)	Mix de produção (%)
Etanol anidro	3.701	1,3402	113.456.430	22,36
Etanol hidratado	3.040	1,1815	163.266.570	32,18

Fonte: Observatório da Cana (2021).

seria de aproximadamente 59 bilhões de litros de gasolina equivalente. É possível fazer um balanço da disponibilidade de etanol no País, dado o nível de exportação desse produto, de 2,3 bilhões de litros; o de importação, 1,7 bilhão de litros; o de oferta, 40,2 bilhões de litros; e o de demanda por etanol (atrelada às vendas do combustível), de 38,2 bilhões de litros em 2031. A Tabela 6 mostra que esse saldo seria pouco maior em relação ao verificado em 2021, cerca de 1,3 bilhão de litros.

No cenário de crescimento baixo, a oferta de etanol seria de 37,2 bilhões de litros e a demanda, de 35,4 bilhões de litros em 2031. Já no cenário de crescimento alto, as quantidades seriam de 43,5 bilhões de litros e 42,1 bilhões, respectivamente.

Mesmo com a entrada de novos produtores no setor, com a expansão da produção de etanol de milho, que atualmente é de 2,4 milhões de litros, para 8,1 milhões de litros em 2031, e a segunda geração de etanol, que viabilizará cerca de 400 milhões de litros ao mercado em 2031, as exportações de etanol manterão um ritmo de expansão relativamente moderado.

Perspectivas e tendências

O etanol exportado para uso em transporte depende grandemente de elementos relacionados à classificação alfandegária, à tributação e à especificação da qualidade do produto. Como os produtores europeus não conseguem competir em preço com o etanol brasileiro de cana-de-açúcar, existe uma inclinação para se estabelecer uma barreira de importação, com exigências de alta desnaturação. A especificação do padrão de qualidade do etanol é uma questão pouco harmonizada na UE (Rosa et al., 2018). Já os EUA devem se manter como o maior exportador mundial de etanol de milho e como importador moderado de etanol de cana-de-açúcar para, assim, atenderem ao programa Padrão de Combustível de Baixo Carbono (Low Carbon Fuel Standard – LCFS) da Califórnia.

Entre 2015 e 2020, com a queda dos preços internacionais do petróleo, houve relativo desestímulo ao consumo de combustível renovável, além das promessas de substituição dos motores a combustão por veículos elétricos a bateria. O consumo de etanol no mundo permaneceu relativamente estável em toda a década passada, em volumes próximos a 100 bilhões de litros anuais. Em 2021, o uso de etanol caiu

Tabela 6. Etanol – oferta e demanda entre 2021 e 2031 (L mil).

Oferta	2021	2024	2027	2030	2031
Crescimento baixo	29.979.671	32.002.179	34.161.131	36.465.731	37.267.977
Crescimento médio	29.979.671	32.759.596	35.797.295	39.116.671	40.290.171
Crescimento alto	29.979.671	33.528.870	37.498.249	41.937.549	43.531.176
Demanda					
Crescimento baixo	27.407.388	29.601.228	31.970.676	34.529.787	35.427.561
Crescimento médio	27.407.388	30.299.068	33.495.841	37.029.896	38.288.913
Crescimento alto	27.407.388	31.186.680	35.487.111	40.380.541	42.157.285
Crescimento médio					
Exportações	1.948.180	2.049.236	2.155.534	2.267.345	2.305.890
Importações ⁽¹⁾	432.261	-	-	-	1.700.000
Saldo (oferta - demanda)	1.056.364	-	-	-	1.395.368

⁽¹⁾ Projeções não realizadas em 2024–2030.

Fonte: EPE (2021b) e ANP (2022a).

em relação aos níveis de 2019. Segundo Biofuels (2022), é prevista uma redução do uso de etanol para transporte na UE e nos EUA, sugerindo potencial de crescimento limitado para o consumo de biocombustíveis. Nos EUA, a demanda por biocombustíveis deverá ser sustentada pelo regime pós-RFS, e a taxa de crescimento será quase constante até 2031.

Nos últimos anos, as exportações vêm se beneficiando de janelas de oportunidade abertas por picos nos preços do etanol nos EUA e da abertura de novos mercados. Movimentos relevantes passam a ocorrer não mais no Ocidente, mas em regiões da Ásia. Como resultado de uma cooperação entre os governos do Brasil e da Índia, o país asiático decidiu aprovar a mistura de 20% de etanol à gasolina até 2025, além da adoção de veículos flex. Outros países asiáticos, como Tailândia, Indonésia e Filipinas, também têm participado de discussões com o Brasil para o uso do biocombustível renovável (Leão & Tauszig, 2022). Em 2021, o Reino Unido decidiu aumentar a mistura de etanol à gasolina, de 5% para 10%, e 60 países vêm buscando adotar ações semelhantes, visando melhorar a qualidade do ar, pautados pela experiência brasileira. Destacam-se também alguns países da América Latina, como a Guatemala, que oferecem uma janela de oportunidade para o etanol brasileiro na linha de descarbonização dos transportes (Gussi, 2022).

Uma alternativa para aumentar as exportações de etanol para mercados com exigências elevadas para a cadeia de valor do produto é torná-lo uma commodity, favorecendo a padronização de suas características e dinamização do comércio internacional. Rosa et al. (2018) apontam que a inserção do etanol entre as commodities reduziria sua comercialização no mercado de curto prazo, no qual está mais suscetível a variações do preço por mudanças de mercados. Com isso, o etanol poderia ser negociado via operações de hedge nos mercados futuros, nos quais o agente pode fixar o preço de negociação da mercadoria antes da venda para entrega no futuro, garantindo uma rentabilidade razoável.

Entre os padrões, Rosa et al. (2018) destacam, ainda, a sistematização da qualidade do produto, em termos de cor, para qualquer tipo de fornecedor e a estocagem do produto de forma a não prejudicar sua funcionalidade.

O aumento das exportações de etanol diante da escala de produção atual também deve ser balizado pelas metas de redução de CO₂ colocadas pela Política de Biocombustíveis (RenovaBio), definida para um horizonte de dez anos. Essa redução compreende a necessidade de emissão de 65 milhões de créditos de descarbonização (CBIOS) em 2031, provenientes do etanol de cana, o que equivale à produção de 50 bilhões de litros de etanol (Rodrigues, 2021). Tal quantidade exigirá acréscimo de 20 bilhões de litros aos volumes de produção atuais (29,9 bilhões de litros).

Nesse sentido, destaca-se a relevância de programas de incentivo ao aumento da escala de produção de etanol e à infraestrutura nacional, articulados aos ganhos provenientes da segurança energética de baixo carbono em nível global. Além das barreiras às exportações de etanol (tarifárias e não tarifárias) dos países importadores, no Brasil as questões logísticas em diferentes elos da cadeia produtiva também são determinantes da quantidade exportada. Contudo, quanto à logística, é importante salientar que em 2021 o País realizou a primeira exportação de etanol com um sistema privado de dutos, pela empresa Logum Logística. Parte do biocombustível embarcado em Uberaba, MG, recebeu um complemento em Ribeirão Preto, SP, e seguiu para o porto do Rio de Janeiro, com 40 milhões de litros de etanol destinados à Califórnia.

Considerações finais

Este trabalho buscou delinear perspectivas para as exportações brasileiras de etanol até 2031. Tomando-se como pano de fundo premissas e metas utilizadas por estudo da Empresa de Pesquisa Energética, percebe-se que há um horizonte de crescimento relativamente modesto para as exportações brasileiras desse biocom-

bustível. Diversos fatores limitam a conversão do etanol em commodity, como barreiras tarifárias e não tarifárias, que podem ser um complicador maior à internacionalização desse produto.

A busca pela descarbonização dos transportes situa o etanol como uma importante alternativa, com ênfase para os veículos híbridos flex e movidos a hidrogênio, extraído do próprio etanol. O crescimento da demanda nos mercados externo e interno dependerá desse balanço entre as diversas opções tecnológicas para o transporte.

Já do lado da oferta, tendo em vista a necessidade de atendimento das metas de redução de CO₂, haverá necessidade de aumento da capacidade produtiva das usinas até 2031, o que coloca um desafio para a produção interna atual. O aproveitamento de iniciativas a partir da abertura de novos mercados para exportação, a exemplo de Índia e Reino Unido, e da maior commoditização do biocombustível poderia dinamizar o ritmo de expansão das exportações para além do que foi evidenciado neste estudo.

Referências

- ALVES, B.M.; SILVA, L.G. da. O agronegócio e as transformações socioespaciais no município de Quirinópolis/Goiás, Brasil. **Élisée: Revista de Geografia da UEG**, v.6, p.203-216, 2017.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Importações e exportações**. Rio de Janeiro, 2022a. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/importacoes-e-exportacoes>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Painel dos Produtores de Derivados**. Rio de Janeiro, 2022b. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dataset/painel-de-produtores-de-derivados-processamento-de-petroleo-e-producao-de-derivados>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2022c. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dataset?tags=vendas>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- BIOFUELS. In: OECD/FAO Agricultural Outlook 2022-2031. Paris: OECD, 2022. p.237-248.
- BITTENCOURT, G.M.; FONTES, R.M.O.; CAMPOS, A.C. Determinantes das exportações brasileiras de etanol. **Revista de Política Agrícola**, ano21, p.4-19, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Comércio Exterior Brasileiro**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-etanol-comercio-exterior-brasileiro>>. Acesso em: 1 ago. 2022.
- CALCIDONI, I.R.B. **Quebra da produção e demanda maior elevam preços do etanol na safra 21/22**. Piracicaba: Cepea, 2021. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/quebra-da-producao-e-demanda-maior-elevam-precos-do-etanol-na-safra-21-22.aspx#:~:text=Se%20na%20safra%20anterior%20a,no%20segmento%20produtor%20no%20Brasil>>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Perspectivas 2022**. Piracicaba, 2022. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 1 ago. 2022.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana de Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo. **Preço Mensal**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://www.consecana.com.br>>. Acesso em: 6 abr. 2023.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2021**: ano-base 2020. Rio de Janeiro, 2021a. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2022.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Cenários de oferta de etanol e demanda de ciclo Otto 2022-2031**. Rio de Janeiro, 2021b. Nota técnica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-255/topico-605/EPE-DPG-SDB-NT-04-2021_Cenarios_de_Oferta_de_Etanol.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- GRANBIO. **Bioflex I**: Produção de biocombustível. 2021. Disponível em: <<http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis>>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- GUSSI, E. A expansão internacional do etanol como solução de baixo carbono. **Revista Opiniões**, ano19, p.20-21, 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

LEÃO, E.; TAUSZIG, J. Etanol: uma janela que se abre. **RPA News**, 24 maio 2022. Disponível em: <<https://revistarpanews.com.br/etanol-uma-janela-que-se-abre>>. Acesso em: 10 ago. 2022.

MALZONI, M. **COP26**: principais discussões e compromissos firmados. Campinas, 2021. Disponível em: <<https://www.mercadosagricolas.com.br/acucar-e-etanol/cop26-principais-discussoes-e-compromissos-firmados>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

OBSERVATÓRIO DA CANA. **Preços e cotações**. São Paulo: Consecana, 2021.

RACHED, A.Z. **Barreiras à exportação do etanol brasileiro**. 2011. 113p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.86.2011.tde-10082011-153435>.

RAÍZEN. **Prospecto definitivo da oferta pública de distribuição primária de ações preferenciais de emissão da Raízen S.A.** Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c016735f-1711-48ce-919f-a8c701b83c19/37b57678-9dd0-55f8-9255-0e1de152e072?origin=1>>. Acesso em: 5 out. 2021.

RODRIGUES, T.R. Como ajustar a oferta de cana às crescentes demandas de etanol e açúcar. **Revista Opiniões**, ano19, p.22-24, 2022.

ROSA, I.F.; MAKIYA, I.K.; CESAR, F.I.G. Cenário atual do comércio internacional de etanol brasileiro para

União Europeia: uma análise do ambiente da logística dos biocombustíveis. **Interciência**, v.43, p.228-235, 2018. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/339/33957240002/html>>. Acesso em: 9 ago. 2022.

SCHUTTE, G.R.; BARROS, P.S. A geopolítica do etanol. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n.1, p.34-43, 2010.

TOLEDO, M. Em ano de pandemia, cai produção de etanol e usinas fazem mais açúcar. **Folha de São Paulo**, 13 abr. 2021. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/04/em-ano-de-pandemia-cai-producao-de-etanol-e-usinas-fazem-mais-acucar.shtml#:~:text=Em%20uma%20safra%20de%20cana,aumentar%20a%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20de%20a%C3%A7%C3%BAcar>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia. **Safra 2018/2019**: Brasil bate recorde de produção, consumo e venda. São Paulo, 2019.

UNICA. **União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<http://unicadata.com.br>>. Acesso em: 6 dez. 2021.

VAN NOTTEN, P.W.F.; ROTMANS, J.; VAN ASSELT, M.B.A.; ROTHMAN, D.S. An updated scenario typology. **Futures**, v.35, p.423-443, 2003.

Estrutura regulatória para a aflatoxina no amendoim brasileiro¹

Ivo Daniel Bassan²

Vancelei Zanin³

Alex Leonardi⁴

Fernanda Arnhold Pagnussatt⁵

Carla Eliete Iochims dos Santos⁶

Resumo – Por causa da relevância econômica da produção do amendoim no Brasil, a presença de fungos e a contaminação do alimento por aflatoxinas são consideradas uma ameaça para essa cadeia produtiva. Embora existam regulamentações sobre a presença de contaminantes em alimentos, os meios de controle não são suficientes, pois há relatos de várias inconformidades. O objetivo deste trabalho foi analisar a evolução da legislação nacional, comparando-a com as dos principais países produtores e importadores quanto aos limites máximos permitidos para micotoxinas, além de identificar os potenciais problemas da contaminação micotoxicológica do amendoim. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, usando uma revisão bibliográfica. Constatou-se que há poucos estudos sobre a presença de aflatoxinas no amendoim ou sobre a avaliação dos efeitos da exposição a essas micotoxinas. É notório que a legislação brasileira é menos rigorosa do que a de países da União Europeia, que consideram o limite máximo tolerável de $4 \mu\text{g kg}^{-1}$ de aflatoxinas totais, enquanto o Brasil permite até $20 \mu\text{g kg}^{-1}$. Nessa perspectiva, é necessário um maior aprofundamento dos estudos sobre a presença de aflatoxinas em alimentos, bem como reavaliações periódicas dos limites permitidos. Conforme a classificação da agência internacional de pesquisa em câncer (International Agency for Research on Cancer – IARC), as aflatoxinas pertencem ao grupo 1 e são consideradas carcinogênicas. Além disso, a possibilidade da presença de espécies fúngicas toxigênicas, como o *Aspergillus flavus*, na cadeia produtiva, mostra a importância de um bom armazenamento da matéria-prima, que respeite as boas práticas de fabricação (BPF) e os limites máximos estabelecidos para os teores de umidade no amendoim.

Palavras-chave: contaminantes, leguminosa, metabólicos secundários, segurança de alimentos.

Regulatory framework for aflatoxin in Brazilian peanuts

Abstract – Due to the economic relevance of peanut production in Brazil, the presence of fungi and food contamination by aflatoxin are considered a threat to this production chain. Although there are regulations on the exposure of contaminants in food, the means of control are not sufficient, as there are reports of several nonconformities. Therefore, the objective of this work was to analyze the evolution of the national legislation, comparing it with that of the main producing and importing

¹ Original recebido em 15/3/2022 e aprovado em 6/11/2022.

² Mestrando em Sistemas e Processos Agroindustriais. E-mail: danielbassanny@hotmail.com

³ Doutor em Economia Aplicada. E-mail: vanceleizanin@gmail.com

⁴ Doutor em Agronegócios. E-mail: alleo123@gmail.com

⁵ Doutora em Engenharia e Ciência dos Alimentos. E-mail: nandapagnu@gmail.com

⁶ Doutora em Física. E-mail: carlaiochims@yahoo.com.br

countries for the maximum permitted limits and the potential problems of peanut contamination by aflatoxins. Therefore, we adopted a qualitative approach using a literature review. Few studies were found regarding the presence of aflatoxin in peanuts, or on the evaluation of exposure effects of these mycotoxins on the population. Brazilian legislation is less strict than that of countries integrating the European Union, which considers a maximum tolerable limit of 4 $\mu\text{g kg}^{-1}$ of total aflatoxin, while Brazil allows of up to 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$. In this perspective, then, further studies on the presence of aflatoxin in foods are necessary, as well as periodical reassessments of the permitted limits. According to the classification of the International Agency for Research on Cancer (IARC), the aflatoxins belong to group 1 and are considered carcinogenic. In addition, the possibility of the presence of toxigenic fungal species, such as *Aspergillus flavus*, in the production chain, evidences the importance of good raw material storage that respect good manufacturing practices (GMP) and the maximum limits established for peanut moisture.

Keywords: contaminants, legumes, secondary metabolites, food safety.

Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea*) é originário da América do Sul e uma das principais leguminosas cultivadas no mundo, com impacto econômico na receita dos países produtores (Shane, 1994; Biai et al., 2021; Çiftçi & Suna, 2022). O Brasil está entre os maiores produtores de amendoim, 13^o lugar, sendo um dos principais do continente americano. Contudo, a produção interna é concentrada no Estado de São Paulo, que responde por 90% da produção nacional. Nas demais regiões, a produção é destinada para o beneficiamento em indústrias de alimentos para a elaboração de produtos derivados do amendoim (FAO, 2020; Santos et al., 2021; Estados Unidos, 2022).

Na cadeia produtiva do amendoim, é necessário atentar para as condições de armazenamento, transporte e beneficiamento, pois a falta de controle de parâmetros como temperatura e umidade, além da não observação das boas condições higiênico-sanitárias, pode tornar o ambiente propício à contaminação de alimentos por micotoxinas, como as aflatoxinas (Martins et al., 2017; Schrenk et al., 2020).

As aflatoxinas são metabólitos secundários produzidos principalmente por duas espécies de fungos, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, que são tóxicas, mutagênicas e can-

cerígenas (carcinogênico de classe I)⁷ para seres humanos e animais. Seu desenvolvimento está associado a fatores externos e internos durante o armazenamento da leguminosa, como a temperatura e a umidade do ambiente, o pH e a atividade de água. Durante o plantio, colheita e pós-colheita, as condições climáticas e a fonte de carbono e nitrogênio do solo também estão relacionadas com a ocorrência de micotoxinas (Wu et al., 2013; Liu et al., 2017).

Nesse sentido, a contaminação de alimentos e matérias-primas agroalimentares por fungos produtores de micotoxinas representa um problema recorrente de segurança alimentar em todo o mundo, podendo gerar grandes perdas econômicas, baixos rendimentos e problemas de saúde pública (Bhat & Reddy, 2017).

Apesar disso, observa-se que países em desenvolvimento aplicam, muitas vezes, legislações inadequadas quanto ao limite de micotoxinas nos alimentos, o que favorece a negligência no oferecimento de alimentos seguros ao consumidor (Chang et al., 2013; Gao et al., 2021). Alguns autores apontam que legislações mais rígidas quanto aos limites toleráveis da presença de aflatoxinas no amendoim geram investimentos robustos de controle pelas indústrias (Sabes & Alves, 2008; Agyekum & Jolly, 2017). Por um lado, a segurança do produto seria maior com a redução dos limites permitidos, mas um limite

⁷ Carcinogênico de classe I: quando há evidências suficientes que a substância ou agente é carcinogênico para o homem (IARC, 2021).

mais restritivo pode levar à elevação de preços e custos para os consumidores e produtores, respectivamente (Agyekum & Jolly, 2017). Assim, é necessário que as autoridades deem mais atenção ao assunto e que políticas públicas de incentivo ao monitoramento sejam implementadas (Klingelhöfer et al., 2018; Sanou et al., 2021).

No Brasil, mesmo que existam regulamentações sobre a presença de contaminantes em alimentos, os meios de controle oficiais não são suficientes, pois há relatos de várias inconformidades na cadeia produtiva do amendoim (Scalco et al., 2008; Silva et al., 2013; Martins et al., 2017). Entre os motivos que explicam essas inconformidades estão a falta de rastreabilidade, o número insuficiente de servidores responsáveis pela fiscalização, empresas que não adotam as boas práticas de fabricação e a manipulação de alimentos (Figueiredo & Miranda, 2011; Silva et al., 2013).

Nessa perspectiva, observa-se a quase inexistência de trabalhos sobre aflatoxinas no mercado de amendoim brasileiro. Assim, este trabalho busca contribuir com um estudo sobre a evolução do marco regulatório nacional – comparando-o com o dos principais países produtores e importadores – em relação aos limites máximos permitidos e os potenciais problemas da contaminação do amendoim pelas aflatoxinas. Além disso, buscou-se identificar os potenciais riscos à segurança da cadeia produtiva quanto ao uso de amendoins contaminados por essas micotoxinas e seus meios de controle.

Metodologia

A técnica de pesquisa adotada aqui foi a qualitativa com natureza exploratória, que, para Patton (2002), permite conhecer experiências e interações empíricas sobre a realidade e as especificidades dos casos estudados. As etapas da cadeia produtiva foram identificadas com base no conhecimento teórico e prático, através de consultas à literatura. Além disso, baseando-se na legislação brasileira, no ordenamento jurídico de outros países e nos dados de organismos

internacionais, como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), nos dados atualizados do Conselho Americano do Amendoim (APC) e em artigos científicos de relevância internacional sobre a temática, fez-se uma comparação entre os principais países produtores e importadores de amendoim em relação aos limites máximos de exposição às aflatoxinas.

Referencial teórico

Características do amendoim

O amendoim (*Arachis hypogea* L.) é uma leguminosa nativa da América do Sul e foi cultivada nos demais continentes a partir do Descobrimento das Américas, em 1492 (Jones et al., 2015; Biai et al., 2021; Çiftçi & Suna, 2022). De fato, o cultivo da espécie silvestre do *Arachis hypogea* L. pelos povos originários do Brasil, Bolívia e Peru passa a ter um registro com o Descobrimento. Contudo, à medida que as técnicas agrícolas e o conhecimento dos agricultores avançavam, mudanças significativas na seleção e diferenciação das plantações ocorreram para se chegar ao padrão produtivo atual (Jones et al., 2015).

A leguminosa, composta por casca, grão e pele, é um alimento de alto valor energético, rico em gordura, fonte de proteína e carboidrato, com grande importância nutricional nas dietas alimentares de vários países (Jager et al., 2013; Mohd Rozalli et al., 2015; Norlia et al., 2019). Contém em sua composição polifenóis benéficos, como os ácidos 4-hidroxibenzoico, clorogênico e p-cumárico, o resveratrol, a quercetina e o kaempferol (Çiftçi & Suna, 2022).

O amendoim é um alimento altamente nutritivo, com aproximadamente 25% de proteína, 48% de gordura, 21% de carboidrato e outros micronutrientes, como fibras alimentares, cálcio, magnésio, fósforo, zinco, cobre e tiamina. É uma excelente fonte de energia, com 564 kcal/100g,

e possui compostos bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides e fitoesteróis (Mohd Rozalli et al., 2015). Além disso, possui vitamina E, resveratrol e niacina, compostos essenciais na prevenção de doenças neurológicas (Bilal et al., 2020; Menis Candela et al., 2020).

No Brasil, o órgão responsável pela classificação e definição dos padrões de identidade e qualidade do amendoim é o Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (Mapa), através da Instrução Normativa nº 32, de 24 de agosto de 2016 (Brasil, 2016). O amendoim está classificado em grupos, subgrupos, classes, subclasses e tipos. De acordo com a forma de apresentação, há dois grupos: Grupo I – em casca – produto em vagem natural, depois de colhido; e Grupo II – em grãos – produto sem sua vagem natural, removida por processo tecnológico adequado. O amendoim em grãos (Grupo II) se subdivide, de acordo com o processo de beneficiamento, em subgrupos: i) Bica Corrida – amendoim submetido ao processo de descascamento; ii) Selecionado ou Moreirado – produto descascado com pré-limpeza, ventilação e densimetria, com separação por peneiras ou não; iii) Selecionado Eletronicamente ou Catado a Mão (HPS) – grãos inteiros obtidos do processo de seleção eletrônica, manual ou ambas; iv) HPS Blanchado – grãos inteiros que, depois de descascados e selecionados, passam por processo de blanchamento⁸ e posterior seleção eletrônica; v) HPS Partido – amendoim descascado com no mínimo 70% de grãos partidos; e vi) HPS Partido Blanchado – amendoim descascado com no mínimo 70% de grãos partidos sem película (Brasil, 2016). A Figura 1 mostra, de maneira simplificada, essa classificação.

Quanto aos requisitos técnicos de controle higiênico-sanitário, a Instrução Normativa nº 03, de 28 de janeiro de 2009, do Mapa, estabelece que todo lote de amendoim classificado deve ser submetido à análise de aflatoxinas e que o sistema de rastreabilidade do amendoim e dos subprodutos contemple informações específicas

⁸ Processo termomecânico de remoção de película do amendoim (Brasil, 2016).

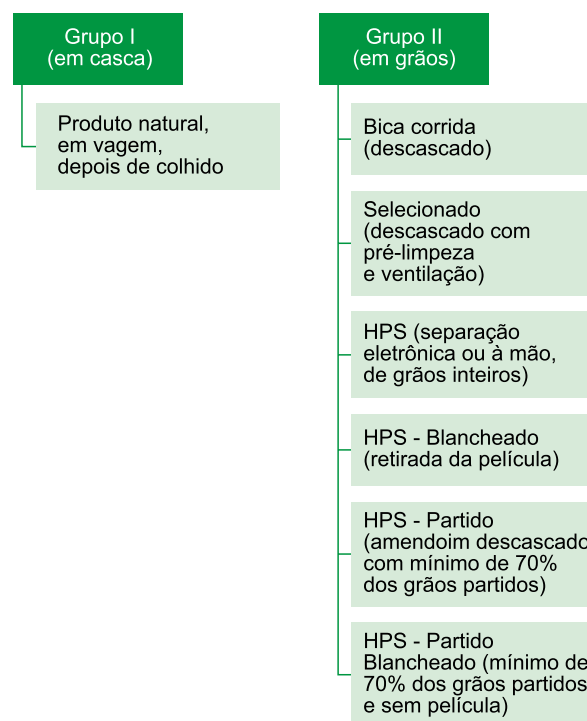


Figura 1. Classificação do amendoim conforme o Mapa.

de cada etapa da cadeia produtiva e de cada lote, com os seguintes dados: nome empresarial do estabelecimento, endereço completo, telefone, fax ou endereço eletrônico, nº de lote ou código de remessa, planilha com preenchimento dos requisitos das boas práticas de fabricação com assinatura do responsável técnico e número do certificado de segurança higiênico-sanitário (CSH) ou resultado das análises dos teores de aflatoxinas (Brasil, 2009).

Cadeia produtiva do amendoim

A combinação de etapas de processos físicos, econômicos e de conhecimentos técnicos entre intermediários envolvidos com determinado produto, ou mercadoria, e seus procedimentos de agregação de valor é chamada de cadeia produtiva (Goulart et al., 2017). As etapas de beneficiamento do grão de amendoim envolvem a preparação do solo e das sementes antes

do plantio, a colheita, o armazenamento, o transporte e o processamento. O processamento contempla outros estágios: depois da colheita, o grão com casca é submetido à secagem, com o posterior descascamento (debulha) e a seleção, de acordo com o tamanho. Por fim, ocorre a retirada de película, e o grão já está pronto para o consumo ou beneficiamento (Sabes & Alves, 2008; Martins et al., 2017).

A secagem pode ser feita naturalmente ou em ambiente controlado, com umidade e temperatura definidas (Brasil, 2013; Goulart et al., 2017; Martins et al., 2017). O processo vai depender do tipo da tecnologia, pois fatores como o porte da empresa e condições de investimento, entre outros fatores econômicos e tecnológicos, podem possibilitar uma secagem mais eficiente (Cervini et al., 2022). O descascamento ocorre pelo atrito mecânico. De acordo com o tamanho do grão obtido na debulha, ocorre a seleção em grão inteiro ou partido. A última etapa consiste na retirada da película por processo termomecânico, no qual o grão é aquecido e depois resfriado (Brasil, 2009, 2016; Martins et al., 2017; Cervini et al., 2022).

Mercado do amendoim: produção, importação e exportação

O Brasil foi o 13º maior produtor mundial de amendoim com casca em 2020, com aproximadamente 640 mil toneladas do produto. Além disso, foi o sétimo maior exportador mundial, com 352 mil toneladas, e importou apenas 6 mil toneladas (Estados Unidos, 2022). Em relação à receita das vendas, o País contabilizou 318,8 milhões de dólares no mesmo ano (FAO, 2020).

No continente americano, o Brasil é o 3º maior produtor, atrás dos EUA e da Argentina, com aproximadamente 14% da produção regional. O Estado de São Paulo se destaca como responsável por aproximadamente 90% da produção nacional (Santos et al., 2021). Entre os principais destinos das exportações bra-

sileiras, em 2020, estão Rússia, com 36% de matéria-prima exportada, Argélia com 16%, e Holanda, 10% (Santos et al., 2021). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020 o valor bruto da produção nacional foi de R\$ 1,6 bilhão. A área plantada foi de 178.857 hectares e a área colhida, de 178.777 hectares. Por fim, o rendimento médio da produção foi de 3.642 kg/ha (Al-Jaal et al., 2019; IBGE, 2020; Santos et al., 2021). Conforme dados de 2020 da Relação Anual de Informações Sociais (Rais) (Brasil, 2020), o número de trabalhadores com carteira assinada na atividade de fabricação de produtos à base de amendoim foi de 25.378. Conforme o Censoagro⁹ de 2017, o número de estabelecimentos agrícolas que produziam amendoim em casca era de 59.207 (IBGE, 2017).

Diante da relevância econômica e social dessa leguminosa para o País, a presença de fungos e, em especial, a contaminação por aflatoxinas em alimentos que contêm amendoim – o que inviabiliza o seu consumo – representam grande preocupação para sua cadeia produtiva (Martins et al., 2017).

Nesse sentido, buscou-se comparar o limite máximo tolerado de aflatoxinas (AFT) no amendoim, estabelecido pela legislação brasileira, com os limites máximos das principais nações produtoras e importadoras dessa matéria-prima (Tabela 1). Dos quatro maiores produtores de amendoim com casca em 2020 – China, Índia, Nigéria e EUA (Estados Unidos, 2022) –, os níveis de AFT são iguais na Nigéria e EUA (20 µg kg⁻¹), na Índia o limite é de 30 µg kg⁻¹, maior que os demais, e a China possui limite de 20 µg kg⁻¹ apenas para a aflatoxina do tipo B₁. Logo, os principais produtores, responsáveis por 76% da produção mundial em 2020, adotam o nível tolerável de aflatoxinas similar ao do Brasil, também de 20 µg kg⁻¹, de acordo com o limite máximo estabelecido pelo Mercosul. Cabe ressaltar, porém, que esse nível prevalente nos mercados acima citados está em desacordo com o limite reco-

⁹ Censoagro: investigação estatística e territorial sobre a produção agropecuária no país (IBGE, 2017).

Tabela 1. Produção e importação de amendoim em 2020.

Ranking	País	Produção (t mil)	País	Importação (t mil)
1º	China	17.993	China	1.371
2º	Índia	6.700	União Europeia	822
3º	Nigéria	4.450	Indonésia	400
4º	Estados Unidos	2.793	Reino Unido	228
5º	Sudão	2.400	México	220
6º	Senegal	1.797	Rússia	213
7º	Birmânia	1.562	Canadá	175
8º	Argentina	1.270	Vietnã	170
9º	Tanzânia	1.100	Japão	106
10º	Indonésia	970	Filipinas	100
11º	Chade	900	Tailândia	88
12º	Guiné	900	Malásia	72
13º	Brasil	640	África do Sul	64
14º	Camarões	600	Estados Unidos	55
15º	Níger	550	Austrália	53
16º	Congo	450	Coréia do Sul	46
17º	Gana	450	Guatemala	14
18º	Mali	425	Turquia	14
19º	Vietnã	413	Singapura	13
20º	Burkina Faso	400	Noruega	12

Fonte: Estados Unidos (2022).

mendado pelo Codex Alimentarius¹⁰, que é de 15 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (FAO, 2004; Ismail et al., 2018; Codex Alimentarius, 2019; APC, 2020).

Já os dez maiores importadores de amendoim em 2020 foram China, União Europeia, Indonésia, Reino Unido, México, Rússia, Canadá, Vietnã, Japão e Filipinas, o que corresponde a 3,8 milhões de toneladas de amendoim importado, aproximadamente 88% do total. Dentro desse conjunto, os países pertencentes à UE possuem um limite máximo tolerável (LMT) bem inferior ao do Brasil: 2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para B₁ e 4 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para AFT. Além disso, Japão, com 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para B₁; Canadá, 15 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para AFT; Rússia, 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para B₁; Vietnã, 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para AFT; e Reino Unido,

4 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para AFT e 2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para B₁, também possuem limites inferiores ao nosso, inclusive com limites específicos para B₁, a micotoxina mais tóxica em alimentos (FAO, 2004; Wild & Gong, 2010; APC, 2020). Cabe ressaltar que a quantidade de amendoim importado pelos países com LMT inferior ao brasileiro totalizou 1,7 milhão de toneladas em 2020, valor bem acima da produção brasileira, de 640 mil toneladas no mesmo ano (Estados Unidos, 2022). Além disso, evidenciam-se grande consumo doméstico e baixa importação nos EUA, Nigéria, Sudão e Índia, países que figuram entre os cinco maiores produtores mundiais. Já a Indonésia e a China estão, concomitantemente, entre os dez

¹⁰ Codex Alimentarius é um conjunto de normas alimentares aplicadas internacionalmente e apresentadas de forma uniforme (Codex Alimentarius, 2019).

maiores produtores e importadores de amendoim (Estados Unidos, 2022), o que indica que eles podem ser também mercados potenciais para o nosso produto, pois o nível de AFT deles é o mesmo do Brasil ($20 \mu\text{g kg}^{-1}$).

A Tabela 2 mostra a relevância do Brasil como um dos principais exportadores mundiais de amendoim. Somos o 13º colocado em produção, mas o País ocupa a 7ª posição no ranking das exportações (Estados Unidos, 2022).

Nesse cenário, conhecer a regulamentação dos principais países importadores e fazer adequações é um fator relevante a ser analisado pelo Brasil. Na questão econômica, apesar de o Mapa ter elaborado um protocolo (Brasil, 2017) para atender aos limites estabelecidos pela UE, que estabelece tipos de amendoim de acordo com a quantidade de aflatoxinas, o Brasil deve analisar

se é recomendável adotar níveis que atendam às principais nações importadoras, já que, por um lado, o mercado de exportação brasileiro ganhará mais espaço e receita, pois o Brasil exporta 55% do amendoim produzido, e o grande mercado importador é composto por países com limites de tolerância mais rígidos do que a legislação brasileira (Estados Unidos, 2022). Portanto, uma atualização dos limites nacionais (mesmo que da produção direcionada ao mercado externo) permitiria a expansão das exportações – Além disso, com limites menores, o amendoim brasileiro será menos tóxico quanto aos níveis permitidos para aflatoxinas. Por outro lado, há o custo de uma legislação mais rígida, que pode ter impacto significativo para o pequeno produtor (redução da produção comercializável) e o consumidor final (produto potencialmente mais caro).

Tabela 2. Exportação e consumo doméstico de amendoim em 2020.

Ranking	País	Exportação (t mil)	País	Consumo doméstico (t mil)
1º	Argentina	930	China	18.909
2º	Índia	894	Índia	5.649
3º	Estados Unidos	643	Nigéria	4.513
4º	Senegal	500	Sudão	2.390
5º	China	455	Estados Unidos	2.273
6º	Sudão	360	Indonésia	1.420
7º	Brasil	352	Birmânia	1.382
8º	Birmânia	175	Senegal	1.200
9º	Nicarágua	100	Tanzânia	1.095
10º	União Europeia	48	Chade	910
11º	Egito	44	Guiné	900
12º	Turquia	28	União Europeia	788
13º	África do Sul	25	Camarões	600
14º	México	24	Vietnã	590
15º	Gâmbia	16	Níger	555
16º	Vietnã	15	Gana	460
17º	Rússia	11	Congo	450
18º	Tanzânia	10	Mali	425
19º	Tailândia	10	Burkina Faso	395
20º	Reino Unido	9	Malawi	358

Fonte: Estados Unidos (2022).

Fungos toxigênicos e micotoxinas

As espécies de fungo *Aspergillus* capazes de produzir aflatoxinas incluem *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. pseudotamarii*, *A. bombycis*, *A. ochraceoroseus* e *A. australis* (Moss, 2002; IARC, 2012; Schrenk et al., 2020). *A. flavus* e *A. parasiticus* são responsáveis pela maior produção de aflatoxinas encontradas em alimentos no mundo. Das demais, apenas a *A. australis*, que é difundida no hemisfério sul e é comum em solos de amendoim australiano, pode ser uma fonte importante de aflatoxinas (IARC, 2012). Contudo, outras espécies aflatoxigênicas menos comuns são: *A. toxicarius*, *A. parvisclerotigenus*, *A. arachidicola*, *A. minisclerotigenes*, *A. rambelii*, *A. pseudonomius*, *A. pseudocaelatus*, *A. togoensis*, *A. mottae*, *A. sergii*, *A. transmontanensis*, *A. novoparasiticus*, *Emericella astellata* e *Emericella venezuelensis*. (Katsurayama & Taniwaki, 2017; Schrenk et al., 2020).

Mesmo que esteja identificado um pequeno número de espécies de fungos produtores de aflatoxinas, estas são amplamente encontradas nos trópicos e subtropicais e estão associadas a uma série de alimentos consumidos em todas as partes do mundo (Moss, 2002). *A. parasiticus* produz aflatoxinas dos tipos B₁, B₂, G₁ e G₂, enquanto *A. flavus* produz principalmente aflatoxinas B₁ e B₂. *A. flavus* se desenvolve nas folhas e flores das plantas, enquanto *A. parasiticus* é mais adaptada ao ambiente do solo (Cullen & Newberne, 1994; Schrenk et al., 2020).

Existem vários tipos de aflatoxinas, mas apenas as aflatoxinas B₁ (AFB₁), B₂ (AFB₂), G₁ (AFG₁) e G₂ (AFG₂) ocorrem naturalmente (Moss, 2002; Schrenk et al., 2020; Kabak, 2021).

Os fungos toxigênicos, das espécies *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, se desenvolvem em regiões com clima quente e úmido, sendo possível contaminar os alimentos durante a colheita ou o armazenamento (Chauhan et al., 2010; Schrenk et al., 2020). Os motivos relacionados à sua produção abrangem genótipo e fisiologia, além de fatores extrín-

secos, como umidade e temperatura, e fatores intrínsecos, como atividade de água e pH. É possível identificar a presença da micotoxina pelo teste de fluorescência, pois, quimicamente, as aflatoxinas são moléculas de di-hidrofuranos e fluorescem sob luz ultravioleta (Pitt et al., 2013; Katsurayama & Taniwaki, 2017).

Aflatoxinas

As aflatoxinas formam cristais incolores a amarelo-pálidos que são intensamente fluorescentes em luz ultravioleta (UV). Sua identificação ocorre na percepção da coloração azul para as aflatoxinas B₁ e B₂ e na cor verde para G₁ e G₂. Elas são instáveis à luz UV na presença de oxigênio, pH extremo (intervalo < 3 ou > 10) e na presença de agentes oxidantes. Também são insolúveis em solventes não polares e solúveis em solventes orgânicos moderadamente polares, como clorofórmio e metanol, e sua solubilidade em água é de 10 mg L⁻¹ a 20 mg L⁻¹ (IARC, 2012; Schrenk et al., 2020). As aflatoxinas são produzidas quando as temperaturas estão entre 24 °C e 35 °C e o teor de umidade for superior a 7% em locais sem ventilação e a 10% em ambientes ventilados (Wilson & Payne, 1994; Williams et al., 2004; Sun et al., 2011).

As espécies fúngicas toxigênicas podem produzir no amendoim as aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂. Contudo, a maior preocupação dos órgãos reguladores é com a aflatoxina B₁, pois ela é encontrada com mais frequência nos alimentos e é a mais tóxica delas. A aflatoxina B₁ é um agravante considerável para o surgimento de câncer de fígado, podendo causar carcinoma hepatocelular em humanos e em animais. Conforme dados da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), as aflatoxinas são pertencentes ao grupo 1, sendo um agente carcinogênico para humanos. A última atualização da lista dos agentes nocivos é de 22 de julho de 2021, e as aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂ possuem essa classificação desde 2012. (IARC, 2021). Nesse cenário, portanto, evidenciam-se a necessidade de aprofundamento de pesquisas em relação à aflatoxina B₁ e a constante reavaliação dos limites de tolerância esta-

belecionados pelos órgãos de controle (Chauhan et al., 2010; Wu et al., 2013; Schrenk et al., 2020; IARC, 2021).

Legislação sobre aflatoxinas

O primeiro marco legal sobre a aflatoxina em alimentos no Brasil data de 1976, com a elaboração da Resolução nº 34 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde, a qual fixou limites máximos permitidos para as aflatoxinas B₁ e G₁ em 30 µg kg⁻¹ (Brasil, 1977). Com a criação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 1999, através da Resolução nº 274/02 os limites foram alterados para o somatório total das aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂ até 20 µg kg⁻¹, em conformidade com os países do Mercosul (Anvisa, 2002; Shundo et al., 2010).

No contexto dos regulamentos de controle da tolerância das micotoxinas nos alimentos, a Anvisa adotou a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 07, de 18 de fevereiro de 2011, como padrão da presença de micotoxinas em diversos alimentos, mantendo para o amendoim com casca, descascado, cru ou tostado o limite de 20 µg kg⁻¹ para o somatório das aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂ (Anvisa, 2011). Além disso, buscando padronizar a qualidade do amendoim exportado para a UE, o Mapa editou, em fevereiro de 2017, o protocolo de controle das aflatoxinas em amendoins, através da Câmara Setorial Paulista do Amendoim, buscando atender aos requisitos referentes aos limites máximos toleráveis dos países integrantes desse bloco econômico (Brasil, 2017).

Recentemente, de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 487/21 da Anvisa, que revogou a Resolução nº 07/11, e a Instrução Normativa nº 88/21, ambas de 26 de março de 2021, os limites de tolerância de contaminantes de alimentos foram atualizados, mas o valor máximo permitido para as aflatoxinas totais no amendoim foi mantido em 20 µg kg⁻¹ (Anvisa, 2011, 2021a, 2021b). Além disso, a atual resolução (Anvisa, 2021b) dispõe dos princípios gerais para o esta-

belecimento e os métodos de análise para fins de verificação da conformidade das Boas Práticas de Fabricação (BPF). Contudo, no Diário Oficial da União (DOU) de 6 de julho de 2022, a Anvisa publicou a RDC nº 722/22, que revoga a Resolução nº 487/21 e a Instrução Normativa nº 88/21. A nova RDC dispõe sobre os LMT de contaminantes em alimentos e apresenta os princípios gerais para sua implementação. A principal novidade é a incorporação no ordenamento jurídico nacional das resoluções do Mercosul nº 103, 25, 12 e 18. Além disso, estabelece em seu Art. 4º que as quantidades de contaminantes em alimentos devem ser as menores possíveis. Igualmente, no Art. 5º, determina a forma com que os LMT são estabelecidos (Anvisa, 2022a, 2022b). Embora a publicação desses dispositivos legais seja recente, o LMT para o teor de aflatoxinas no amendoim continua o mesmo (Anvisa, 2022a).

Além das resoluções de controle de contaminantes de alimentos citadas acima, a autarquia federal também publicou a RDC nº 172, de 4 de julho de 2003 (Anvisa, 2003), que traz o regulamento técnico de BPF para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e seus derivados e a lista de verificação das BPF a serem adotadas pelas indústrias processadoras de amendoim. Essa mesma resolução estabeleceu que o limite máximo de umidade para o amendoim cru descascado, no recebimento, deve ser menor ou igual a 8%, enquanto o limite de umidade do amendoim cru com casca deve ser menor ou igual a 11%. A Tabela 3 mostra, resumidamente, a evolução da legislação brasileira sobre micotoxinas em alimentos, principalmente as aflatoxinas.

De fato, o Brasil, um dos maiores produtores e exportadores mundiais de amendoim, tem tentado manter uma atualização periódica de suas resoluções e legislações sobre contaminantes em alimentos. Contudo, comparado com outros países – como a UE, que limita o teor em 2 µg kg⁻¹ para a aflatoxina B₁ e em 4 µg kg⁻¹ para o somatório de aflatoxinas em amendoins –, o Brasil adota valores superiores para o limite máximo dessa micotoxina (Comissão das Comunidades Europeias, 2006; European Commission, 2010).

Tabela 3. Evolução da legislação nacional sobre micotoxinas em alimentos e BPF no beneficiamento do amendoim.

Resolução	Diretriz
CNNPA nº 34, de 1976	Fixa, para alimentos, a tolerância de 30 µg.kg ⁻¹ para as aflatoxinas, calculada pela soma dos conteúdos de aflatoxinas B ₁ e G ₁
RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002	Revoga parcialmente a CNNPA nº 34 e aprova o regulamento técnico sobre limites máximos de aflatoxinas admitidos no leite, no amendoim e no milho
RDC nº 172, de 4 de julho de 2003	Dispõe sobre o regulamento técnico de BPF para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e derivados e a lista de verificação das BPF para estabelecimentos industrializadores de amendoins processados e derivados
RDC nº 07, de 18 de fevereiro de 2011	Dispõe sobre a aprovação do regulamento técnico sobre LMT para micotoxinas em alimentos e revoga a CNNPA nº 34 e a RDC nº 274
RDC nº 487, de 26 de março de 2021, e IN nº 88, de 26 de março de 2021	Dispõe sobre os LMT de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade Estabelece os LMT de contaminantes em alimentos
RDC nº 722, de 1º de julho de 2022, e IN nº 160, de 1º de julho de 2022	Revoga a RDC nº 487 e a IN nº 88 e dispõe sobre os LMT de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. Estabelece os LMT de contaminantes em alimentos

Fonte: Brasil (1977), Anvisa (2002, 2003, 2011, 2021a, 2021b, 2022a, 2022b).

Limites de aflatoxinas no amendoim

Desde a identificação das aflatoxinas, no fim da década de 1960, por ocasião da ocorrência de surtos de doenças e mortes em perus alimentados com rações que continham farelo de amendoim contaminado (Williams et al., 2004; Probst et al., 2007; Sun et al., 2011), muitos países elaboraram regulamentos para proteger o consumidor dos efeitos prejudiciais das micotoxinas, bem como defender os interesses econômicos de produtores e comerciantes. Naquela época, com base em critérios científicos, surgiram os primeiros limites para as aflatoxinas. No fim de 2003, aproximadamente 100 países já haviam desenvolvido limites específicos para micotoxinas em alimentos, e esse número continua a crescer (FAO, 2004).

Estudo da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO), em 2004, mostra os fatores que afetam o desenvolvimento dos regulamentos e legislações

sobre os limites de micotoxinas nos alimentos (FAO, 2004). Esses fatores incluem dados de natureza científica e também socioeconômicos: a disponibilidade de dados toxicológicos de contaminação na população, a disponibilidade de dados sobre a ocorrência de micotoxinas nos produtos alimentícios, o conhecimento da distribuição das concentrações de micotoxinas em um lote, a disponibilidade de métodos analíticos de análise, as legislações em países que possuem contratos comerciais de longo prazo e a necessidade de abastecimento alimentar suficiente para os cidadãos, são exemplos. Portanto, todos esses fatores podem influenciar um país a adotar critérios mais rigorosos ou mais flexíveis no estabelecimento de limites toleráveis de aflatoxinas em alimentos. Por exemplo, Agyekum & Jolly (2017) buscaram apresentar a relação entre um regulamento mais rígido quanto à presença das aflatoxinas no amendoim e o preço de compra e exportação da matéria-prima pelas partes interessadas. Concluíram que padrões mais

rigorosos impostos ao comércio de amendoim na Europa prejudicam cada lado do mercado, já que exportadores perdem receita, e os consumidores em países importadores enfrentam preços de varejo mais altos.

Por causa da alta toxicidade das aflatoxinas, diversos países determinaram limites de tolerância para esse contaminante em alimentos. A Tabela 4 mostra alguns dados sobre os limites máximos toleráveis em diferentes países.

Portanto, há divergência de limites entre as nações, sendo o limite que ocorre com mais frequência o de 4 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Índia e Sri Lanka adotam o maior valor, 30 $\mu\text{g kg}^{-1}$. É importante mencionar que o valor estabelecido pelo Código Internacional de Normas de Alimentos (Codex Alimentarius) é de 15 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Codex Alimentarius, 2019). Contudo, na 13ª reunião da Comissão do Codex Alimentarius, em julho de 2019, em Genebra, foi discutida a proposta de alteração do limite do somatório das aflatoxinas totais no amendoim para o máximo de 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (WHO, 2019). Além disso, em razão da maior toxicidade da aflatoxina B₁, alguns países definiram limites específicos para ela. A Rússia é o único

país dessa relação que contém limite máximo apenas para aflatoxina B₁, já que é a mais prevalente e também a mais potencialmente tóxica dessas toxinas (Williams et al., 2004; Figueiredo & Miranda, 2011; Chang et al., 2013; Marroquín-Cardona et al., 2014; Martins et al., 2017).

O limite de 4 $\mu\text{g kg}^{-1}$, identificado como o de maior frequência (Tabela 4), levou o Mapa a aprovar o Protocolo De Controle de Aflatoxinas em Amendoim Destinado para a UE, que foi apresentado pela Câmara Setorial Paulista do Amendoim e estabeleceu os requisitos para exportar o amendoim brasileiro para aquele bloco (Brasil, 2017). O documento classifica o amendoim em Tipo A e Tipo B. Para o Tipo A, o limite aceitável da presença de aflatoxinas totais é de 2 $\mu\text{g kg}^{-1}$; para o Tipo B, acima de 2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ e até 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Além dos limites, o protocolo estabelece procedimentos de BPF e de controle de temperatura e umidade durante o armazenamento (Brasil, 2017). Contudo, conforme o resultado de diversos estudos (Shundo et al., 2010; Chang et al., 2013; Martins et al., 2017; Fang et al., 2022), evidencia-se que a contaminação pelas aflatoxinas ocorre em todas as etapas

Tabela 4. Limites máximos toleráveis (LMT) para aflatoxinas totais (AFT) e aflatoxina B₁ em amendoim.

Aflatoxina	LMT ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	País
AFT	30	Índia, Siri Lanka
	20	Argentina, Brasil, Estados Unidos, México, Indonésia, Nigéria, Países do Mercosul, Paraguai, Quênia, Tailândia, Uruguai e Venezuela
	15	Austrália, Bolívia, Canadá, Coreia do Sul, El Salvador, Filipinas, Irã, Israel, Hong Kong, Nicarágua, Nova Zelândia, Panamá, Peru e Zimbábue
	10	África do Sul, Colômbia, Egito, Malásia, Moçambique, Tanzânia, Turquia, Vietnã, Chile e Japão
	5	Cuba, Singapura
	4	Taiwan, Suíça, Reino Unido, União Europeia, Marrocos e Ucrânia
B ₁	20	China
	15	Indonésia e Hong Kong
	10	Coreia do Sul, Japão
	5	Argentina, Uruguai, Irã, Israel, África do Sul, Egito, Tanzânia, Turquia, Cuba, Singapura e Rússia
	2	Taiwan, Suíça, Reino Unido, União Europeia, Marrocos e Ucrânia

Fonte: FAO (2004), Ismail et al. (2018), Codex Alimentarius (2019) e APC (2020).

da cadeia produtiva e que os procedimentos de amostragem não garantem que o produto esteja isento da contaminação. Portanto, as técnicas de amostragem devem ser aprimoradas para buscar um resultado de análise fidedigno quanto à contaminação de determinado lote de amendoim para exportação ou para ser utilizado pelas indústrias de alimentos no Brasil.

Nessa situação, portanto, os países estabelecem seus limites com base em critérios científicos, como a disponibilidade de dados toxicológicos, o nível de ocorrência das aflatoxinas nos alimentos e os resultados de estudos de monitoramento do nível de contaminação em determinada população. Métodos analíticos e socioeconômicos também influenciam, como contratos, acordos e interesses comerciais e fatores econômicos e de segurança alimentar (FAO, 2004; Jager et al., 2013; Norlia et al., 2019; Schrenk et al., 2020).

Um ponto de vista relevante na regulamentação mundial de aflatoxinas é o fato de que os limites máximos não são baseados apenas em critérios toxicológicos para a prevenção dos riscos à saúde humana, mas também na viabilidade de quantificar a micotoxina de acordo com as técnicas conhecidas para análise. Caso os limites fossem orientados exclusivamente conforme a ordem toxicológica, os valores seriam muito menores, pois os riscos à saúde não podem ser negligenciados de acordo com os fatores de segurança aplicados (Nakai et al., 2008; Wagacha & Muthomi, 2008; Atayde et al., 2012; Marroquín-Cardona et al., 2014; Ismail et al., 2018; Norlia et al., 2019).

Estudos sobre a presença de aflatoxinas na cadeia do amendoim

Conforme relatado, diferentes culturas agrícolas podem conter as micotoxinas, grande ameaça à saúde humana, pois são carcinogênicas. A contaminação pode ocorrer em qualquer etapa do cultivo, colheita ou armazenamento. Na indústria, as etapas de recebimento e armazenamento da matéria-prima são os pontos

críticos; no recebimento, deve-se quantificar as aflatoxinas e a umidade; e na estocagem, é necessário manter a temperatura e a umidade em condições controladas, pois altas temperatura e umidade favorecem a formação de micotoxinas (Zawislak et al., 2012; Chang et al., 2013; Martins et al., 2017; Schrenk et al., 2020).

Ressalta-se que esse problema é mais comum em países em desenvolvimento, onde o controle de qualidade é ineficiente, as tecnologias de produção são ultrapassadas, e as condições de armazenamento são péssimas (Al-Jaal et al., 2019; Yuan et al., 2022). Martins et al. (2017) confirmam a existência de contaminação do amendoim por aflatoxinas em qualquer etapa da cadeia produtiva. Os autores analisaram a principal atividade de água em cada etapa da produção, isolaram as cepas dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* e determinaram a frequência de ocorrência dos tipos de aflatoxinas desenvolvidos pelas duas espécies. Por fim, com base em amostras coletadas em cada etapa da cadeia produtiva, quantificaram as aflatoxinas totais (AFT) e encontraram quatro amostras acima do LMT do Brasil (Anvisa, 2021a): duas amostras na etapa de secagem ($95,46 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $49,26 \mu\text{g kg}^{-1}$) e duas na de triagem ($100,91 \mu\text{g kg}^{-1}$ e $24,16 \mu\text{g kg}^{-1}$). Nas demais etapas, também foram identificadas a presença de aflatoxinas, mas dentro dos limites permitidos (Martins et al., 2017). Cabe ressaltar que esse estudo foi o único realizado no Brasil que verificou a ocorrência desse contaminante em todas as etapas da cadeia produtiva. A região de amostragem contemplou fazendas e indústrias do Estado de São Paulo em 2013 e 2014. No total, 119 amostras foram analisadas e aproximadamente 3,4% estavam acima do LMT. Portanto, o estudo mostrou que todas as etapas da cadeia produtiva do amendoim estão sujeitas à contaminação pelas aflatoxinas.

Outros estudos de quantificação de aflatoxinas foram feitos, mas contemplaram produtos prontos para o consumo, como pasta de amendoim ou grãos comercializados (Silva et al., 2013). Hoeltz et al. (2012) identificaram altos níveis de contaminação por aflatoxina B₁ em

produtos de amendoim comercializadas no Rio Grande do Sul. Foram analisadas 101 amostras, 58 de amendoim pronto para o consumo e 43 de produtos à base de amendoim, em cinco cidades: Porto Alegre, Santa Cruz do Sul, Santa Maria, São Leopoldo e Ijuí, todas obtidas no comércio local. Os resultados mostraram que 14% das amostras exibiam valores acima dos permitidos pela legislação nacional, de $24 \mu\text{g kg}^{-1}$ a $87,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de amendoim e de $22 \mu\text{g kg}^{-1}$ a $84,6 \mu\text{g kg}^{-1}$ nas amostras de produtos à base de amendoim, o que evidencia grave risco para a saúde (Hoeltz et al., 2012). Dessa forma, o alimento pronto derivado do amendoim também é suscetível à contaminação. Além das etapas da cadeia produtiva do amendoim, o produto pronto para beneficiamento ou consumo deve possuir controle higiênico-sanitário para mitigar e prevenir contaminações.

Embora a maioria dos estudos desenvolvidos no Brasil estejam focados na quantificação dos níveis de aflatoxinas nos alimentos, destaca-se o trabalho de Jager et al. (2013), que verificou os níveis de consumo das aflatoxinas em determinada população, pela determinação das aflatoxinas em amendoim, milho, feijão e leite. As 240 amostras foram coletadas nas residências dos 34 voluntários, que também responderam a um questionário de frequência alimentar. Conforme os resultados, 35% das amostras de produtos derivados do amendoim confirmaram a presença de aflatoxinas, de $0,05 \mu\text{g kg}^{-1}$ a $36,7 \mu\text{g kg}^{-1}$, sendo os produtos de amendoim o tipo de alimento com a maior contribuição para a ingestão de aflatoxinas, com ingestão média provável diária (IPD) de $1,56 \text{ ng kg}^{-1}$ de peso corporal. Portanto, mesmo que os níveis obtidos sejam baixos, os dados de consumo desses alimentos indicam risco de exposição à micotoxina (Jager et al., 2013).

Em vários países de baixa renda, as micotoxinas afetam os alimentos básicos, como amendoim, milho e nozes, entre outros vegetais.

Isso faz com que a população fique constantemente exposta a níveis elevados e não controlados pelos órgãos governamentais (Chala et al., 2013; Bumbangi et al., 2016), pois nessas regiões as práticas agrícolas, as legislações e os regulamentos para prevenção da exposição humana às micotoxinas são menos desenvolvidos. Em países desenvolvidos ocorre o oposto, já que a legislação e a fiscalização são mais rigorosas (Schrenk et al., 2020). Apesar de incidentes ocasionais, como surtos e intoxicação aguda, os meios de controle das micotoxinas não foram priorizados no contexto da saúde pública em países pobres (Wild & Gong, 2010). O estudo de revisão de Azziz-Baumgartner et al. (2005) exemplifica a situação acima citada. Os autores analisaram os fatores de um surto de aflatoxicose¹¹ no leste do Quênia que resultou em 317 casos e 125 mortes. Os casos apresentavam quadros de insuficiência hepática, mas todos os testes foram negativos para os vírus causadores da enfermidade. Dessa forma, com base nos surtos de aflatoxicose pela ingestão de milhos contaminados anteriormente relatados pelo Ministério da Saúde do Quênia, levantou-se a hipótese de que o surto estaria relacionado ao consumo de milho contaminado. As autoridades de saúde pública coletaram amostras de milho da área afetada e encontraram concentrações elevadíssimas da aflatoxina B₁, aproximadamente $4.400 \mu\text{g kg}^{-1}$, 220 vezes maior do que o limite de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$, o que comprovou a origem do surto (Azziz-Baumgartner et al., 2005).

Apesar disso, observa-se que países em desenvolvimento aplicam, muitas vezes, legislações inadequadas quanto ao limite de micotoxinas nos alimentos, o que faz com que ocorra negligência no oferecimento de alimentos seguros ao consumidor (Chang et al., 2013; Gao et al., 2021). Alguns autores apontam que legislações mais rígidas quanto aos limites toleráveis do teor de aflatoxinas no amendoim geram investimentos robustos de controle para as indústrias (Sabes & Alves, 2008; Agyekum & Jolly, 2017). Por um

¹¹ Intoxicação resultante da ingestão de aflatoxinas. Duas formas são conhecidas: intoxicação aguda grave com dano no fígado e subsequente doença ou morte; e a exposição crônica subsintomática (Williams et al., 2004).

lado, a segurança do produto seria maior com o aumento dos limites permitidos, mas limites mais restritivos podem provocar a alta de preços para os consumidores e de custos para os produtores (Agyekum & Jolly, 2017). É preciso que haja mais atenção das autoridades quanto ao assunto e que políticas públicas de incentivo ao monitoramento sejam implementadas (Klingelhöfer et al., 2018; Sanou et al., 2021).

Nesse âmbito, as preocupações com a segurança de alimentos e a saúde, especialmente em relação à contaminação por fungos e micotoxinas no amendoim, são um grande tópico de discussão (Wagacha & Muthomi, 2008; Gao et al., 2021; Kholif et al., 2021). Considerando-se o grande consumo do amendoim no mundo e seus benefícios, é imprescindível que os consumidores desfrutem de um produto seguro e de qualidade (Chang et al., 2013).

Dessa forma, os programas de boas práticas associados com a cadeia produtiva do amendoim devem ser elaborados para prevenir a contaminação pelas aflatoxinas, pois quando os fungos são submetidos a condições de estresse ocasionadas, na maioria dos casos por condições de armazenamentos inadequadas, os metabólicos secundários se desenvolvem (Chang et al., 2013; Chen et al., 2014; Gao et al., 2021).

Considerações finais

Esse trabalho mostrou um panorama sobre o problema das aflatoxinas em relação à segurança de alimentos. Fez-se uma comparação da legislação brasileira com a de outros países no sentido de visualizar as divergências dos valores de limites máximos permitidos quanto à presença de micotoxinas. Além disso, um marco temporal do surgimento do regulamento brasileiro quanto aos contaminantes em alimentos e o risco à saúde pública também foram explorados.

Constatou-se que existem poucos estudos sobre a presença de aflatoxinas no amendoim e sobre a avaliação dos seus efeitos na população. A legislação brasileira é menos rigorosa

que a de muitos países, principalmente os da União Europeia, cujo limite máximo tolerável (LMT) é de $4 \mu\text{g kg}^{-1}$ de AFT. O Brasil permite até $20 \mu\text{g kg}^{-1}$, valor equivalente ao de outros grandes produtores (e consumidores), como China, Índia e EUA.

Embora o governo brasileiro tenha redigido uma nova resolução para os limites máximos de contaminantes em alimentos, no caso de aflatoxinas os valores se mantiveram inalterados.

Nessa conjuntura, é necessário o aprofundamento de estudos e pesquisas sobre a presença de aflatoxinas em alimentos, bem como reavaliações periódicas dos limites de tolerância permitidos, já que, conforme a classificação da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), as aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e G₂ pertencem ao grupo 1 e podem ser carcinogênicas. Cumpre ressaltar que esse tipo de informação é fundamental para a tomada de decisões com o intuito de desenvolver a produção interna e a potencial conquista de mercados para a cadeia produtiva do amendoim brasileiro.

Referências

- AGYEKUM, M.; JOLLY, C.M. Peanut trade and aflatoxin standards in Europe: economic effects on trading countries. **Journal of Policy Modeling**, v.39, p.114-128, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2016.08.004>.
- AL-JAAL, B.A.; JAGANJAC, M.; BARCARU, A.; HORVATOVICH, P.; LATIFF, A. Aflatoxin, fumonisin, ochratoxin, zearalenone and deoxynivalenol biomarkers in human biological fluids: a systematic literature review, 2001-2018. **Food and Chemical Toxicology**, v.129, p.211-228, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.04.047>.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 88, de 26 de março de 2021. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**, 31 mar. 2021a. Seção1, p.225-234.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 160, de 1 de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**, 6 jul. 2022a. Seção1, p.227-235. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?da>

ta=06/07/2022&jornal=515&pagina=227&totalArquivos=280>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002.** [Aprova o “Regulamento Técnico Sobre Limites Máximos de Aflatoxinas Admissíveis no Leite, no Amendoim, no Milho”]. 2002. Disponível em: <https://bvmsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/res0274_15_10_2002.html>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 172, de 4 de julho de 2003.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Amendoins Processados e Derivados e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Amendoins Processados e Derivados. 2003. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=07/07/2003&jornal=1&pagina=45&totalArquivos=96>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011.** Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Republicação. 2011. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=09/03/2011&jornal=1&pagina=66&totalArquivos=160>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 487, de 26 de março de 2021.** Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. 2021b. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=31/03/2021&jornal=515&pagina=225&totalArquivos=246>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 722, de 1 de julho de 2022.** Dispõe sobre os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. **Diário Oficial da União**, 6 jul. 2022b. Seção1, p.202-203. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-722-de-1-de-julho-de-2022-413365215>>. Acesso em: 12 jul. 2022.

APC. American Peanut Council. **Aflatoxin Limits in Peanuts and Peanut Products (as of April 15, 2020).** 2020. Disponível em: <<https://www.peanutsusa.com/phocadownload/WebDocsGeneral/Copy%20of%20Aflatoxin%20-%20Global%20contaminants%20limits%204%202020.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

ATAYDE, D.D.; REIS, T.A.; GODOY, I.J.; ZORZETE, P.; REIS, G.M.; CORRÊA, B. Mycobiota and aflatoxins in a peanut variety grown in different regions in the state of

São Paulo, Brazil. **Crop Protection**, v.33, p.7-12, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.11.013>.

AZZIZ-BAUMGARTNER, E.; LINDBLADE, K.; GIESEKER, K.; ROGERS, H.S.; STEPHANIE KIESZAK, S.; NJAPAU, H.; SCHLEICHER, R.; MCCOY, L.F.; MISORE, A.; DECOCK, K.; RUBIN, C.; SLUTSKER, L.; AFLATOXIN INVESTIGATIVE GROUP. Case-control study of an acute aflatoxicosis outbreak, Kenya, 2004. **Environmental Health Perspectives**, v.113, p.1779-1783, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.8384>.

BHAT, R.; REDDY, K.R.N. Challenges and issues concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: updates from last decade. **Food Chemistry**, v.215, p.425-437, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.161>.

BIAI, A.; COSTA, C.T. de A.; LUZ, L.N. da; MARQUES, V.B.; PEREIRA, A.C da S. Avaliação das características agrônômicas e produtivas de acessos de amendoim sob adubação orgânica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.14, e8732, 2021. Supl.1. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.1.e8732>.

BILAL, M.; XIAOBO, Z.; ARSLAN, M.; TAHIR, H.E.; AZAM, M.; JUNJUN, Z.; BASHEER, S.; ABDULLAH. Rapid determination of the chemical compositions of peanut seed (*Arachis hypogaea*.) using portable near-infrared spectroscopy. **Vibrational Spectroscopy**, v.110, art.103138, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103138>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3, de 28 de janeiro de 2009. [Estabelece os critérios e procedimentos para o controle higiênico-sanitário do amendoim e seus subprodutos na cadeia produtiva]. **Diário Oficial da União**, 29 jan. 2009. Seção1, p.27-32. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=29/01/2009&jornal=1&pagina=27&totalArquivos=128>>. Acesso em: 8 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 32, de 24 de agosto de 2016. [Estabelece o Regulamento Técnico do Amendoim em Casca e em Grãos destinados a alimentação humana]. **Diário Oficial da União**, 25 ago. 2016. Seção1, p.13-18.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de coleta de amostras do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em produtos de origem vegetal.** Brasília, 2013. 51p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Protocolo de controle de Aflatoxinas em amendoim destinado para União Europeia.** Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução CNNPA

nº 34, de 1976. [Fixa para os alimentos, tolerâncias de 30ppb (trinta partes por bilhão) para as Aflatoxinas, calculada pela soma dos conteúdos das aflatoxinas B₁ e G₁]. **Diário Oficial da União**, 19 de janeiro de 1977. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)**. 2020. Disponível em: <<https://bi.mte.gov.br/scripts10/dardoweb.cgi>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

BUMBANGI, N.F.; MUMA, J.B.; CHOONGO, K.; MUKANGA, M.; VELU, M.R.; VELDMAN, F.; HATLOY, A.; MAPATANO, M.A. Occurrence and factors associated with aflatoxin contamination of raw peanuts from Lusaka district's markets, Zambia. **Food Control**, v.68, p.291-296, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.004>.

CERVINI, C.; VERHEECKE-VAESSEN, C.; HE, T.; MOHAMMED, A.; MAGAN, N.; MEDINA, A. Improvements within the peanut production chain to minimize aflatoxins contamination: an Ethiopian case study. **Food Control**, v.136, art.108622, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108622>.

CHALA, A.; MOHAMMED, A.; AYALEW, A.; SKINNES, H. Natural occurrence of aflatoxins in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) from eastern Ethiopia. **Food Control**, v.30, p.602-605, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.08.023>.

CHANG, A.S.; SREEDHARAN, A.; SCHNEIDER, K.R. Peanut and peanut products: a food safety perspective. **Food Control**, v.32, p.296-303, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.12.007>.

CHAUHAN, Y.S.; WRIGHT, G.C.; RACHAPUTI, R.C.N.; HOLZWORTH, D.; BROOME, A.; KROSCHE, S.; ROBERTSON, M.J. Application of a model to assess aflatoxin risk in peanuts. **Journal of Agricultural Science**, v.148, p.341-351, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185961000002X>.

CHEN, R.; MA, F.; LI, P.-W.; ZHANG, W.; DING, X.X.; ZHANG, Q.; LI, M.; WANG, Y.R.; XU, B.-C. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. **Food Chemistry**, v.146, p.284-288, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.059>.

ÇİFTÇİ, S.; SUNA, G. Functional components of peanuts (*Arachis Hypogaea* L.) and health benefits: a review. **Future Foods**, v.5, art.100140, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100140>.

CODEx ALIMENTARIUS. **General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed**: CXS 193-1995. [Roma]: FAO, 2019.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. Regulamento (CE) nº 1881/2006 da Comissão de 19 de Dezembro de 2006, que fixa os valores máximos de

certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios. **Jornal Oficial da União Europeia**, L364, 20 dez. 2006, p.5-24.

CULLEN, J.M.; NEWBERNE, P.M. Acute hepatotoxicity of aflatoxins. In: EATON, D.L.; GROOPMAN, J.D. (Ed.). **The toxicology of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance**. San Diego: Academic Press, 1994. p.3-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-228255-3.50006-4>.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

EUROPEAN COMMISSION. Commission Regulation (EC) nº 165/2010 of 26 February 2010, amending Regulation (EC) nº 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. **Official Journal of the European Union**, L50, 27 feb. 2010, p.8-12.

FANG, L.; ZHAO, B.; ZHANG, R.; WU, P.; ZHAO, D.; CHEN, J.; PAN, X.; WANG, J.; WU, X.; ZHANG, H.; QI, X.; ZHOU, J.; ZHOU, B. Occurrence and exposure assessment of aflatoxins in Zhejiang province, China. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.92, art.103847, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103847>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**: Top 20 Country, Export quantity of Groundnuts, shelled 2020. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports>. Acesso em: 10 fev. 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Worldwide Regulations for mycotoxins in food and feed 2003**. Rome, 2004. (FAO. Food and Nutrition Paper, 81). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/y5499e/y5499e00.htm>>. Acesso em: 1 set. 2021.

FIGUEIREDO, A.V. de A.; MIRANDA, M.S. Análise de risco aplicada aos alimentos no Brasil: perspectivas e desafios. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.16, p.2251-2262, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000400024>.

GAO, J.; ZHAO, L.; LI, J.; DENG, L.; NI, J.; HAN, Z. Aflatoxin rapid detection based on hyperspectral with 1D-convolution neural network in the pixel level. **Food Chemistry**, v.360, art.129968, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129968>.

GOULART, D.; ALMEIDA, R.P. de; RESENDE, K.C.; COSTA, F.A.M. da; BEZERRA, J.R.C. O desafio da estruturação da cadeia produtiva do amendoim no semiárido do Nordeste. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.19, p.47-59, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21714/2238-68902017v19n1p047>.

- HOELTZ, M.; EINLOFT, T.C.; OLDONI, V.P.; DOTTORI, H.A.; NOLL, I.B. The occurrence of aflatoxin B₁ contamination in peanuts and peanut products marketed in southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.55, p.313-317, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000200019>.
- IARC. International Agency for Research on Cancer. **Chemical agents and related occupations**: volume 100 F: a review of human carcinogens. Lyon, 2012. 599p. (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, v.100F).
- IARC. International Agency for Research on Cancer. **List of classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, IARC Monographs Volumes 1–129**. Lyon, 2021. 12p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76420>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 18 fev. 2022.
- ISMAIL, A.; GONÇALVES, B.L.; NEEFF, D.V. de; PONZILACQUA, B.; COPPA, C.F.C.C.; HINTZSCHE, H.; SAJJID, M.; CRUZ, A.G.; CORASSIN, C.H.; OLIVEIRA, C.A.F. Aflatoxin in foodstuffs: occurrence and recent advances in decontamination. **Food Research International**, v.113, p.74-85, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.067>.
- JAGER, A.V.; TEDESCO, M.P.; SOUTO, P.C.M.C.; OLIVEIRA, C.A.F. Assessment of aflatoxin intake in São Paulo, Brazil. **Food Control**, v.33, p.87-92, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.016>.
- JONES, J.B.; BARKLEY, N.A.; SIMPSON, C.E.; MATTES, R.D. Peanuts. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P.M.; TOLDRÁ, F. (Ed.). **Encyclopedia of Food and Health**. Amsterdam: Elsevier, 2015. p.277-282. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00528-6>.
- KABAK, B. Aflatoxins in foodstuffs: occurrence and risk assessment in Turkey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.96, art.103734, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103734>.
- KATSURAYAMA, A.M.; TANIWAKI, M.H. Fungos e aflatoxinas no arroz: ocorrência e significado na saúde do consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, e2017006, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0617>.
- KHOLIF, O.T.; SEBAEI, A.S.; EISSA, F.I.; ELHAMALAWY, O.H. Size-exclusion chromatography selective cleanup of aflatoxins in oilseeds followed by HPLC determination to assess the potential health risk. **Toxicon**, v.200, p.110-117, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.07.009>.
- KLINGELHÖFER, D.; ZHU, Y.; BRAUN, M.; BENDELS, M.H.K.; BRÜGGMANN, D.; GRONEBERG, D.A. Aflatoxin: publication analysis of a global health threat. **Food Control**, v.89, p.280-290, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.017>.
- LIU, X.; GUAN, X.; XING, F.; LV, C.; DAI, X.; LIU, Y. Effect of water activity and temperature on the growth of *Aspergillus flavus*, the expression of aflatoxin biosynthetic genes and aflatoxin production in shelled peanuts. **Food Control**, v.82, p.325-332, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.07.012>.
- MARROQUÍN-CARDONA, A.G.; JOHNSON, N.M.; PHILLIPS, T.D.; HAYES, A.W. Mycotoxins in a changing global environment: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v.69, p.220-230, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.04.025>.
- MARTINS, L.M.; SANT'ANA, A.S.; FUNGARO, M.H.P.; SILVA, J.J.; NASCIMENTO, M. da S. do; FRISVAD, J.C.; TANIWAKI, M.H. The biodiversity of *Aspergillus* section *Flavi* and aflatoxins in the Brazilian peanut production chain. **Food Research International**, v.94, p.101-107, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.006>.
- MENIS CANDELA, F.; GIORDANO, W.F.; QUIROGA, P.L.; ESCOBAR, F.M.; MAÑAS, F.; ROMA, D.A.; LARRAURI, M.; COMINI, L.R.; SORIA, E.S.; SABINI, M.C. Evaluation of cellular safety and the chemical composition of the peanut (*Arachis hypogaea* L.) ethanolic extracts. **Heliyon**, v.6, e05119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05119>.
- MOHD ROZALLI, N.H.; CHIN, N.L.; YUSOF, Y.A. Grinding characteristics of Asian originated peanuts (*Arachis hypogaea* L.) and specific energy consumption during ultra-high speed grinding for natural peanut butter production. **Journal of Food Engineering**, v.152, p.1-7, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.027>.
- MOSS, M.O. Risk assessment for aflatoxins in foodstuffs. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.50, p.137-142, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00078-1).
- NAKAI, V.K.; ROCHA, V. de O.; GONÇALES, E.; FONSECA, H.; ORTEGA, E.M.M.; CORRÊA, B. Distribution of fungi and aflatoxins in a stored peanut variety. **Food Chemistry**, v.106, p.285-290, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.087>.
- NORLIA, M.; JINAP, S.; NOR-KHAIZURA M.A.R.; RADU, S.; SAMSUDIN, N.I.P.; AZRI, F.A. *Aspergillus* section *flavi* and aflatoxins: occurrence, detection, and identification

in raw peanuts and peanut-based products along the supply chain. **Frontiers in Microbiology**, v.10, p.1-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02602>.

PATTON, M.Q. **Qualitative research & evaluation methods**. 3rd ed. Thousand Oaks: Sage, 2002.

PITT, J.I.; TANIWAKI, M.H.; COLE, M.B. Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of Food Safety Objectives. **Food Control**, v.32, p.205-215, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.023>.

PROBST, C.; NJAPAU, H.; COTTY, P.J. Outbreak of an acute aflatoxicosis in Kenya in 2004: identification of the causal agent. **Applied and Environmental Microbiology**, v.73, p.2762-2764, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.02370-06>.

SABES, J.J.S.; ALVES, A.F. O agronegócio do amendoim: estudo e comparação dos padrões sazonais de comportamento dos preços no período de janeiro de 1996 a dezembro de 2005. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. [Anais]. Brasília: Sober; Rio Branco: UFAC, 2008.

SANOU, A.; LIVERPOOL-TASIE, L.S.O.; CAPUTO, V.; KERR, J. Introducing an aflatoxin-safe labeling program in complex food supply chains: evidence from a choice experiment in Nigeria. **Food Policy**, v.102, art.102070, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102070>.

SANTOS, D.F.L.; RANGEL, H. de S.; MONTEIRO, L.O.; PENARIOL, M.L.S.; MONTORO, S.B. **Relatório técnico: desafios e oportunidades na cadeia do amendoim**. Jaboticabal: Geafin, 2021.

SCALCO, A.R.; MACHADO, J.G. de C.F.; QUEIROZ, T.R. Diagnóstico da gestão da qualidade na cadeia produtiva do amendoim: estudo de casos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. [Anais]. Brasília: Sober; Rio Branco: UFAC, 2008.

SCHRENK, D.; BIGAMI, M.; BODIN, L.; CHIPMAN, J.K.; DEL MAZO, J.; GRASL-KRAUPP, B.; HOGSTRAND, C.; HOOGENBOOM, L.R.; LEBLANC, J.-C.; NEBBIA, C.S.; NIELSEN, E.; NTZANI, E.; PETERSEN, A.; SAND, S.; SCHWERDTLE, T.; VLEMINCKX, C.; MARKO, D.; OSWALD, I.P.; PIERSMA, A.; ROUTLEDGE, M.; SCHLATTER, J.; BAERT, K.; GERGLOVA, P.; WALLACE, H. Risk assessment of aflatoxins in food. **EFSA Journal**, v.18, art.6040, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6040>.

SHANE, S.M. Economic Issues Associated with Aflatoxins. In: EATON, D.L.; GROOPMAN, J.D. (Ed.). **The toxicology**

of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance. San Diego: Academic Press, 1994. p.513-527. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-228255-3.50028-3>.

SHUNDO, L.; NAVAS, S.A.; RUVIERI, V.; ALABURDA, J.; LAMARDO, L.C.A.; SABINO, M. Aflatoxinas em amendoim: melhoria da qualidade e programas de controle. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.69, p.567-570, 2010.

SILVA, R.A. da; YAMAMOTO, I.T.; FERREIRA, L.O.; MARQUES, L.R.M. Detecção e quantificação de aflatoxinas em amostras de grãos de amendoim e derivados comercializados na região de Marília – SP, 2002-2009. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.24, p.61-64, 2013.

SUN, G.; WANG, S.; HU, X.; SU, J.; ZHANG, Y.; XIE, Y.; ZHANG, H.; TANG, L.; WANG, J.-S. Co-contamination of aflatoxin B₁ and fumonisin B₁ in food and human dietary exposure in three areas of China. **Food Additives and Contaminants: Part A**, v.28, p.461-470, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.544678>.

WAGACHA, J.M.; MUTHOMI, J.W. Mycotoxin problem in Africa: current status, implications to food safety and health and possible management strategies. **International Journal of Food Microbiology**, v.124, p.1-12, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.01.008>.

WHO. World Health Organization. Codex Alimentarius Commission. Codex Committee on Contaminants in Food. **Report of the 13rd Session of the Codex Committee on Contaminants in Foods**. Yogyakarta, 2019. 42nd Session Geneva, Switzerland 8 - 12 July 2019.

WILD, C.P.; GONG, Y.Y. Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. **Carcinogenesis**, v.31, p.71-82, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264>.

WILLIAMS, J.H.; PHILLIPS, T.D.; JOLLY, P.E.; STILES, J.K.; JOLLY, C.M.; AGGARWAL, D. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.80, p.1106-1122, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1106>.

WILSON, D.M.; PAYNE, G.A. Factors affecting *Aspergillus flavus* group infection and aflatoxin contamination of crops. In: EATON, D.L.; GROOPMAN, J.D. (Ed.). **The toxicology of aflatoxins: human health, veterinary, and agricultural significance**. San Diego: Academic Press, 1994. p.309-325. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-228255-3.50019-2>.

WU, F.; STACY, S.L.; KENSLER, T.W. Global risk assessment of aflatoxins in maize and peanuts: are regulatory standards adequately protective? **Toxicological Sciences**, v.135, p.251-259, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/toxsci/kft132>.

YUAN, D.; JIANG, J.; GONG, Z.; NIE, C.; SUN, Y. Moldy peanuts identification based on hyperspectral images and Point-centered convolutional neural network combined with embedded feature selection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.197, art.106963, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106963>.

ZAWISLAK, P.A.; ALVES, A.C.; TELLO-GAMARRA, J.; BARBIEUX, D.; REICHERT, F.M. Innovation capability: from technology development to transaction capability. **Journal of Technology Management and Innovation**, v.7, p.14-25, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-27242012000200002>.

Adoção de tecnologias na tomaticultura do Distrito Federal¹

Maria Thereza Macedo Pedroso²
Miguel Michereff Filho³
Zenaide Rodrigues Ferreira⁴
Paulo Freire Mello⁵

Resumo – Este artigo apresenta um panorama geral da cadeia produtiva de tomate para o consumo in natura (tomate de mesa) no Distrito Federal (DF), esclarecendo suas relações hierárquicas econômicas e decisórias de adoção de tecnologias. Realizou-se a caracterização da produção de tomate no DF, de acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2017. Conduziram-se também entrevistas. Apesar de os dados do censo mostrarem que a maioria dos estabelecimentos agropecuários apresentou bom nível tecnológico, as entrevistas mostraram que é baixa a adoção do conjunto de boas práticas agrícolas. Indicaram também que, na cadeia produtiva de tomate de mesa do DF, a indústria de insumos agrícolas é um agente econômico que exerce papel muito forte quanto à adoção de tecnologias pelos produtores. Apresentou-se, por fim, a hipótese de que, como consequência, a força desses produtores poderá ser diminuída diante da força que as empresas de varejo poderão ter caso o sistema de rastreabilidade de hortaliças seja consolidado no DF.

Palavras-chave: cadeia produtiva, estudo exploratório, práticas agrônômicas, relações hierárquicas, tomate in natura.

Technologies adoption in Federal District tomato production

Abstract – This article presents an overview of the production chain of table tomato in the Distrito Federal (DF), Brazil, illuminating its hierarchical economic and decision-making relationships on technology adoption. The characterization of table tomato production in the DF was carried out in accordance with the Brazilian agricultural census of 2017. Interviews were also performed. Although the interviews showed that most agricultural establishments had a good technological level, their adoption of the set of good agricultural practices is low. They also suggested that in the production chain of table tomato in the DF, the agricultural input industry is an economic agent that plays a very strong role in relation to the adoption of technologies by producers. Finally, this article presents the hypothesis that the producers' strength may decrease in face of the strength that retail companies will have, if the vegetable traceability system is consolidated in the Distrito Federal.

Keywords: production chain, exploratory study, agronomic practices, hierarchical relationships, in nature tomato.

¹ Original recebido em 24/5/2021 e aprovado em 5/10/2022.

² Embrapa Hortaliças. E-mail: maria.pedroso@embrapa.br

³ Embrapa Hortaliças. E-mail: miguel.michereff@embrapa.br

⁴ UnB. E-mail: zenaide.r.ferreira@gmail.com

⁵ Incra. E-mail: pfreiremello@yahoo.com.br

Introdução

Em condições tropicais de produção, o tomateiro é alvo de inúmeros problemas decorrentes da incidência de pragas e doenças. Visando aumentar a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas de produção dessa cultura, pesquisas agronômicas têm gerado informações e tecnologias para mitigar as perdas na produção de tomate, aumentar a produtividade, diminuir o uso de insumos agrícolas e, em sequência, os custos de produção. São tecnologias que se somam ao conjunto de boas práticas agrícolas recomendadas e consolidadas pelo conhecimento científico há muitas décadas: uso de mudas saudáveis; adubação e calagem de acordo com a recomendação técnica com base na análise do solo; irrigação de acordo com a avaliação da umidade do solo; manejo integrado de pragas; rotação de culturas com a inclusão de adubos verdes e em plantio direto; eliminação de restos culturais antes do cultivo seguinte (Boiteux et al., 2008; Fayad et al., 2016; Lopes & Pedroso, 2017).

Mas é importante esclarecer que a inovação tecnológica emerge apenas quando ocorre a primeira transação comercial envolvendo a nova tecnologia, gerando, assim, vantagem competitiva (Schumpeter, 1957). No entanto, um agente econômico pode ter uma estrutura, em termos organizacionais, gerenciais e econômicas, facilitadora para absorver determinada tecnologia, enquanto outro agente pode ter uma estrutura que impõe limites à absorção dessa mesma tecnologia. O que se quer dizer é que o simples fato de uma determinada tecnologia ser desenvolvida e ofertada, por melhor que seja, não significa que ela será incorporada pelo agente econômico (Figueiredo, 2015).

Em outras palavras, nada adiantará desenvolver a melhor tecnologia se o agricultor não estiver apto a incorporá-la ou, ainda pior, se nem mesmo estiver disposto a continuar trabalhando como agricultor. Existem dimensões da realidade, como os fatores políticos, culturais, institucionais e econômicos, que podem condicionar a adoção (ou não) de uma determinada tecnologia.

Ou seja, entre o resultado de uma pesquisa e seu uso pela sociedade, há muitos fatores envolvidos (Romeiro, 1988; Salles-Filho & Bin, 2014; Vieira Filho, 2014).

Examinadas empiricamente as condições produtivas de tomate para mesa (para o consumo in natura) no Distrito Federal, verificou-se como insuficiente a adoção de boas práticas agrícolas por parte dos produtores. O estudo qualitativo de natureza exploratória aqui apresentado pretendeu esclarecer as relações comerciais da cadeia produtiva de tomate para mesa e seus reflexos na baixa adoção de boas práticas agrícolas. Portanto, apresenta-se aqui um estudo exploratório sobre a produção dessa hortaliça no DF, por meio da análise de dados do Censo Agropecuário de 2017 e da realização de entrevistas.

Apesar de o DF não ser um dos principais produtores brasileiros de tomate, ele conta com uma das mais robustas empresas de assistência técnica e extensão rural do País, a Emater-DF, e, mesmo assim, enfrenta problemas para que seus produtores de tomate para mesa adotem boas práticas agrícolas recomendadas pelos profissionais extensionistas (agrônomos e técnicos agrícolas).

Procedimentos metodológicos

A análise de um conjunto de variáveis do Censo Agropecuário de 2017, disponibilizadas pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra), permitiram avaliar direta e indiretamente o nível tecnológico dos estabelecimentos agropecuários produtores de tomate estaqueado do DF.

A análise focou os dados de tomate estaqueado, pois, no Brasil, sua produção é, na grande maioria, para o consumo in natura (tomate para mesa). Já o tomate rasteiro é produzido principalmente para o processamento em indústrias de atomatados. Neste último caso, a produção ocorre só depois de o produtor firmar contrato com a indústria de processamento (Pedroso, 2020). Portanto, é preciso re-

conhecer que os dados coletados pelo Censo Agropecuário de 2017 sobre tomate estaqueado no DF revelam uma aproximação da realidade da produção de tomate para mesa na região (IBGE, 2017).

Nas entrevistas semiestruturadas, feitas em seguida, os entrevistados foram escolhidos entre os que são considerados bons informantes. Ou seja, pessoas que conhecem detalhadamente a cadeia produtiva como um todo ou um de seus elos em profundidade.

Os entrevistados foram escolhidos de acordo com a técnica “bola de neve”. Esse método consiste na identificação de alguns informantes-chave. Ao final da entrevista, foram solicitadas indicações de outros informantes. Essa estratégia ocorre até que se alcance o ponto de saturação das respostas, quando as informações se repetem com grande frequência e não surge mais nenhuma informação nova. Por fim, as falas dos respondentes foram analisadas e condensadas (Bardin, 1977; Vinuto, 2014; Minayo, 2017). Portanto, foram entrevistados extensionistas, agricultores e responsáveis por empresas de atacado localizadas na Ceasa-DF.

O objetivo principal do roteiro de perguntas foi esclarecer os principais motivos que dificultam, ou impedem, a adoção de recomendações agrônômicas – consolidadas pelo conhecimento científico – por parte dos produtores de tomate para mesa no DF.

É importante destacar que as perguntas focaram as relações comerciais que ocorrem na cadeia produtiva de tomate para mesa do DF. Como as cadeias produtivas são sistemas econômicos – e todos eles são, teoricamente, abertos –, estudá-las pressupõe refletir sobre a ação dos agentes econômicos participantes (Castro et al., 1999, 2002; Castro, 2001; Simioni et al., 2007). De forma geral, os agentes econômicos de cadeias produtivas de hortaliças são os fornecedores de insumos, os horticultores, os intermediários e as empresas de atacado e de varejo que comercializam hortaliças.

Resultados

Produção de tomate no DF segundo o Censo Agropecuário de 2017

Conforme o Censo Agropecuário de 2017, o DF produziu 178 toneladas de tomate estaqueado, o que gerou o equivalente a R\$ 331 mil. Tal produção, que ocorreu em 509 estabelecimentos, pôs o DF na 11ª colocação nacional em termos de produção, respondendo por 1,1% do total produzido de tomate estaqueado no Brasil. (IBGE, 2017).

O tomate estaqueado é uma das principais hortaliças produzidas pela horticultura do DF, ficando atrás apenas da produção de alface e de morango, considerando-se o valor da produção. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017), a produção de tomate estaqueado respondeu por 10% do valor total da produção hortícola do DF – o alface e o morango responderam por 16% e 13%, respectivamente.

A Tabela 1 mostra que entre os censos de 2006 e 2017 houve aumento do número de estabelecimentos produtores de tomate estaqueado no DF (aproximadamente 23%), mas forte queda para a quantidade produzida e o valor da produção, em média igual a 35,4%.

Tabela 1. Variação do número de estabelecimentos, quantidade produzida e valor da produção de tomate estaqueado entre os censos agropecuários de 2006 e 2017 no DF.

Variável	2006	2017	Δ%
Número de estabelecimentos	414	509	22,9
Quantidade produzida (t)	20.483	12.213	-40,4
Valor da produção (R\$ mil) ⁽¹⁾	34.141	23.747	-30,4

⁽¹⁾ Valores corrigidos para reais de 2020 pelo índice de preços IGP-DI obtidos no Ipeadata.

Fonte: IBGE (2006, 2017).

Quanto às características da produção de tomate estaqueado no DF, a Figura 1 mostra que a maior parte dos estabelecimentos produtores

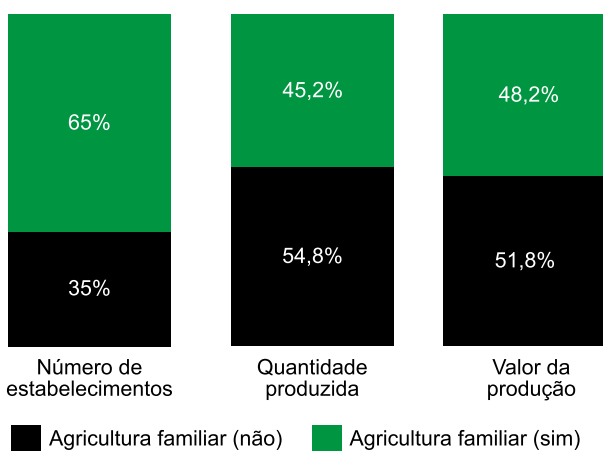


Figura 1. Percentual de estabelecimentos, quantidade produzida e valor da produção de tomate estaqueado no DF.

Fonte: IBGE (2017).

da hortalíça pertencia à agricultura familiar, embora a agricultura não familiar tenha sido responsável por mais de 50% da quantidade produzida e do valor da produção.

Considerando a produção e o número de estabelecimentos por grupo de área total, a Figura 2 mostra que 60% da produção de tomate estaqueado no DF ocorreu em estabelecimentos de até dez hectares. Aproximadamente 45%

dos estabelecimentos eram de menos de cinco hectares, mas foi nos estabelecimentos entre cinco e dez hectares que a produção esteve mais concentrada.

Na caracterização tecnológica dos estabelecimentos agropecuários do DF, com base no Censo Agropecuário de 2017, optou-se por variáveis que representassem o nível tecnológico dos estabelecimentos pertencentes ao grupo de atividade econômica da horticultura⁶. Na ausência desse recorte, a caracterização foi feita considerando-se o universo de estabelecimentos agropecuários do DF. As variáveis adotadas avaliam o acesso à internet, o recebimento de orientação técnica, a escolaridade do produtor e o uso de práticas agrícolas, como adubação e aplicação de agrotóxico. Especificamente, as variáveis de recebimento de orientação técnica e uso de irrigação referem-se ao grupo de atividade econômica da horticultura. As demais referem-se ao universo de estabelecimentos agropecuários do DF.

A Tabela 2 mostra que aproximadamente 77% dos estabelecimentos do DF tiveram acesso à internet, sendo a internet móvel o principal tipo de conexão utilizada.

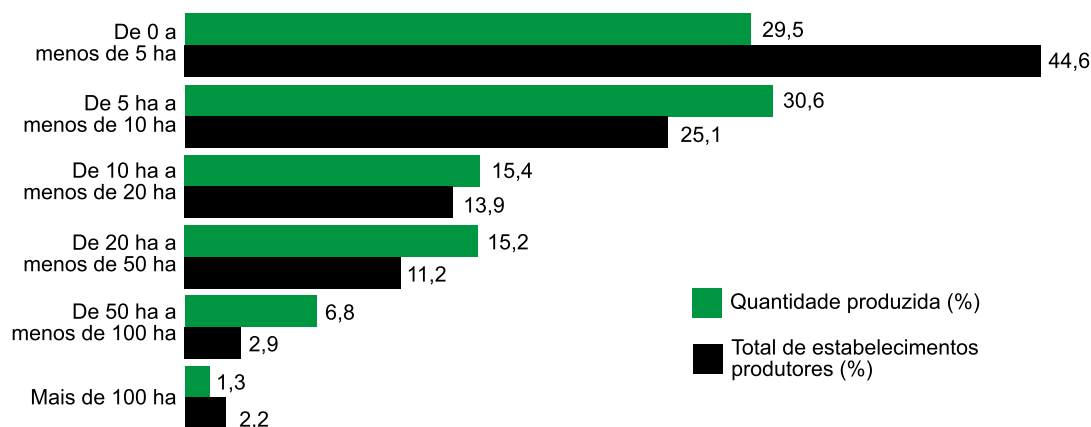


Figura 2. Participação percentual da produção e do número de estabelecimentos produtores de tomate estaqueado no DF por grupo de área total.

Fonte: IBGE (2017).

⁶ O grupo de atividade econômica da horticultura não abrange só os estabelecimentos agropecuários produtores de tomate estaqueado, e sim os estabelecimentos agropecuários produtores das hortalíças listadas na base do censo agropecuário.

Tabela 2. Percentual de estabelecimentos DF com acesso à internet, por tipo de conexão.

Internet	%
Acesso à internet	76,7
Banda larga	52,5
Discada por linha	0,5
Móvel	82,0

Fonte: IBGE (2017).

Aproximadamente 81% dos estabelecimentos agropecuários da horticultura no DF receberam orientação técnica (Tabela 3), principalmente do governo (federal ou distrital).

Tabela 3. Percentual de estabelecimentos da horticultura do DF que receberam orientação técnica, por origem.

Orientação técnica	%
Recebe orientação técnica	80,8
Governo – federal, estadual ou municipal	94,4
Própria ou do próprio produtor	5,8
Cooperativas	3,5
Empresas integradoras	2,0
Empresas privadas de planejamento	0,4
Organização não governamental (ONG)	0,1
Sistema S	2,4
Outra	0,8

Fonte: IBGE (2017).

Quanto ao nível de escolaridade, a Tabela 4 mostra que em mais de 40% dos estabelecimentos os produtores tinham, pelo menos, o regular do ensino médio ou 2º grau. Produtores com ensino superior responderam por 20% dos estabelecimentos.

Conforme a Tabela 5, a adubação é a prática agrícola adotada por grande percentual de estabelecimentos agropecuários do DF, com destaque para o uso misto da adubação química e orgânica. Mais da metade dos estabelecimentos agropecuários do DF fez também uso de calcário ou outros corretivos de pH do solo. O uso de agrotóxico foi menor.

Tabela 4. Percentual de estabelecimentos agropecuários do DF segundo o nível de escolaridade do produtor.

Escolaridade	%
Sabe ler e escrever	91,4
Nunca frequentou a escola	5,6
Antigo primário (elementar)	13,2
Regular do ensino fundamental ou 1º grau	21,5
Regular de ensino médio ou 2º grau	20,4
Técnico de ensino médio ou do 2º grau	3,0
Superior – graduação	20,0
Mestrado ou doutorado	1,6

Fonte: IBGE (2017).

Tabela 5. Percentual de estabelecimentos do DF segundo o uso de adubação, calcário e/ou outros corretivos do pH do solo e agrotóxico.

Adubação, calcário e/ou outros corretivos do pH do solo e agrotóxico	%
Fez adubação	84,4
Fez adubação – química	19,2
Fez adubação – orgânica	24,1
Fez adubação – química e orgânica	56,8
Não fez adubação	15,5
Não fez adubação – não costuma fazer adubação	62,5
Não fez adubação – costuma fazer adubação	37,5
Fez uso de calcário e/ou outros corretivos do pH do solo	60,7
Usou agrotóxico	43,6
Não usou agrotóxico	56,4
Não usou – não usa	95,5
Não usou – usa, mas não precisou	4,5

Fonte: IBGE (2017).

Por fim, quanto à irrigação, prática comumente adotada na atividade hortícola, a Tabela 6 mostra que aproximadamente 93% dos estabelecimentos a utilizaram. A irrigação localizada por gotejamento e a irrigação por aspersão convencional foram os métodos mais adotados pela horticultura no DF. Juntos, responderam por

Tabela 6. Percentual dos estabelecimentos e das áreas dos estabelecimentos da horticultura do DF que fazem uso de irrigação, por método.

Irrigação	Percentual de estabelecimentos	Percentual de área irrigada
Uso de irrigação	92,8	29,2
Irrigação localizada – gotejamento	54,3	38,0
Irrigação localizada – microaspersão	7,5	5,0
Irrigação localizada – outros métodos	0,5	0,6
Irrigação por superfície – inundação, sulcos, subsuperficial e outros	0,9	0,4
Irrigação por aspersão – autopropelido/carretel enrolador e pivô central	1,2	1,3
Irrigação por aspersão – aspersão convencional	52,8	49,2
Outros métodos de irrigação – molhação	3,0	1,0

Fonte: IBGE (2017).

87% da área total irrigada da horticultura no DF – da área total dedicada à atividade hortícola no DF, apenas 29% é irrigada.

Consolidação das entrevistas

Segundo alguns entrevistados, com a construção de Brasília, algumas colônias de japoneses se estabeleceram no DF, vindas, em sua maioria, de São Paulo, para produzir hortaliças e abastecer os primeiros moradores da nova capital. No início, cada estabelecimento agropecuário plantava grande diversidade de hortaliças, entre elas o tomate. Poucas décadas depois da inauguração da cidade, a produção de hortaliças expandiu-se para além das colônias japonesas. Elas passaram a ser plantadas por agricultores provenientes de várias regiões, em especial do Nordeste. Atualmente, alguns polos de produtores estão mais especializados em determinadas hortaliças, e as principais regiões produtoras de tomate para mesa são as cidades de Planaltina, do Paranoá e de Brazlândia.

As entrevistas mostraram que, em termos gerais, o produtor de tomate para mesa do DF adquire os insumos quando visita as revendas ou quando são visitados pelos promotores de vendas. Os produtores compram as mudas de viveiristas (produtores de mudas) do próprio DF e de outras regiões. Há também os que produzem suas próprias mudas.

As entrevistas revelaram que há formas distintas de o agricultor comercializar a produção de tomate: diretamente para o consumidor, em especial em feiras de produtores orgânicos; para o governo, principalmente por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) e do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA); para os intermediários (também chamados de atravessadores ou piranguieiros), que são os agentes econômicos que compram o tomate dos produtores, nos estabelecimentos, e revendem para as empresas de atacado e varejo; e para empresas de atacado localizadas na Ceasa-DF. Há ainda os pouquíssimos produtores que conseguem vender diretamente para as empresas de varejo de alimentos locais. Em termos gerais, a maior parte das transações comerciais da cadeia econômica dessa hortaliça é estabelecida com base numa relação de fidelidade entre fornecedores e compradores.

Nas entrevistas, surgiu o tema das exigências comerciais das empresas de varejo de alimentos mais sofisticadas do DF. São empresas extremamente exigentes em termos de uniformidade, formato e aspecto do tomate. Por isso, muitas compram de empresas atacadistas especializadas em tomate com sede fora do DF. Em especial, seus fornecedores são empresas com sede na Ceagesp.

Quase todos os entrevistados comentaram sobre a questão da mão de obra. Como a cultura do tomate exige manejo de certa complexidade, ela requer mão de obra relativamente qualificada. Mas isso configura um desafio crescente no DF, pois tem havido pouca oferta de mão de obra no campo com a qualificação necessária. Quando existe tal disponibilidade, o custo é alto, o que eleva o custo de produção.

Para se ter uma ideia, o custo de produção de tomate por hectare no DF, segundo a Emater-DF (2022), está em cerca de R\$ 114.000,00 quando plantado em campo e entre R\$ 122.000,00 e R\$ 127.400,00 quando em estufa – para comparação, o custo de produção da alface está em torno de R\$ 44.000,00 (Emater-DF, 2022). Muitos entrevistados afirmaram que, no longo prazo (superior a três anos), a rentabilidade da cultura do tomate para mesa supera os investimentos. No entanto, no curto prazo, a chance de o produtor obter lucro baixo é muito elevada.

Os entrevistados, com frequência, afirmaram que há uma tendência de seleção dos produtores de tomate no DF. Ou seja, tem ocorrido a exclusão dos que não conseguem gerenciar sua atividade adequadamente ou competir nos mercados locais. Muitos deixam de produzir tomate e passam a cultivar outras hortaliças de custo de produção menor. Por isso, há uma tendência de a produção se concentrar em segmentos de produtores de tomate mais profissionalizados e especializados, com maior capacidade de gestão. Esse cenário foi bem exemplificados por dois entrevistados:

Alguns agricultores arriscam em produzir tomate até por conta do sonho de ganhar dinheiro, porque o tomate é tido como uma cultura que dá dinheiro para o agricultor, e muitos se arriscam. E aí o cidadão sem nenhuma condição muitas vezes de entrar numa lavoura dessa... que exige profissionalismo, que exige uso de tecnologia, mas ele arrisca com baixa tecnologia, com uma cultivar mais barata, faz mal feito, irrigação mais ou menos.

Muitas vezes, o produtor não trabalha bem as questões gerenciais e financeiras, não sabendo ao certo quanto gasta e quanto ganha. É possí-

vel, portanto, que o abandono dessa atividade tenha relação, muitas vezes, com a incapacidade de realizar uma gestão compatível com os riscos da atividade.

Com grande frequência, os entrevistados relataram que não há praticamente nenhuma forma de se precaver das oscilações de preços decorrentes das oscilações da oferta do tomate. Além disso, como o fruto do tomateiro é frágil e apodrece facilmente, isso impossibilita sua armazenagem. Por isso, é necessário vender a produção imediatamente após a colheita, em alguns casos desrespeitando o período de carência da aplicação dos defensivos agrícolas. Há ocasiões em que a produção é vendida por valores inferiores aos mínimos necessários para cobrir os custos. Para agravar a situação, há casos de tomates produzidos para a indústria de processamento em Goiás que, eventualmente, são vendidos como se fossem para mesa (para consumo in natura) no DF, o que aumenta a oferta dessa hortaliça. Um dos informantes entrevistados explicou que

[O tomate] não tem um preço estável. Então a diferença do preço baixo para o preço mais alto é muito grande, e isso no mesmo mês. Então você tem uma flutuação muito grande de preço, o que não contribui para a questão de organização da produção. Você não consegue se programar em função do preço. O preço pode estar cem reais hoje e amanhã estar vinte. Então o produtor não tem essa segurança com a cultura do tomate.

Quanto à assistência técnica, em geral os entrevistados afirmaram que o produtor de tomate para mesa do DF não tem o hábito de buscar os serviços públicos de assistência técnica da Emater-DF. Poucos fazem análise de solo para que possam receber as recomendações de calagem e adubação dos extensionistas. Com muita frequência, o que o produtor faz é ir à revenda de insumos e comprar as formulações prontas, com as recomendações do vendedor. Relatou um entrevistado:

Tem muito produtor que, quando a gente chega, tá adicionando uma quantidade absurda

de adubo porque a revenda passou pra ele uma determinada recomendação. Quando a gente vai ver, ele poderia utilizar uma quantidade várias vezes inferior. Como costumam usar muito mais água do que o necessário, lavam o solo, o que tem causado a salinização de vários desses solos, principalmente dentro de ambiente protegido, dentro de estufa.

Em relação aos defensivos agrícolas, os entrevistados afirmaram que é maior a busca do produtor por informações na Emater-DF, mas é muito comum que o objetivo dele seja saber se um produto que ele pretende comprar vai resolver seu problema. Como afirmou um dos entrevistados, as demandas são muito do seguinte tipo: “Eu vi esse produto na revenda e parece muito bom; o que você acha? Vai funcionar?” No entanto, para o controle de pragas a indicação é a análise caso a caso, preconizada pelo manejo integrado de pragas (MIP), que faz parte das “boas práticas agrícolas” recomendadas, há muitos anos, pelo serviço público de assistência técnica no DF.

Aliás, sobre o tema do MIP, todas as entrevistas levaram à percepção de que “O produtor não quer fazer, porque dá muito trabalho”. Pode-se afirmar que a adoção do MIP exigiria a contratação de mais empregados e mais tempo de dedicação. Mas como o custo da mão de obra é muito alto e o agricultor tem medo de perder sua produção e, por consequência, seus ganhos, ele prefere pacotes tecnológicos de produção “fechados” e sem muita complexidade. Por exemplo, ele pode preferir fazer as pulverizações com defensivos agrícolas de forma preventiva e calendarizada, independentemente de a praga ser detectada. Por tudo isso, muitas vezes o MIP acaba sendo percebido como quase utópico por muitos entrevistados.

As entrevistas revelaram também, claramente, que as revendas de insumos têm enorme capilaridade no DF. Os vendedores visitam constantemente os produtores, fazem recomendações técnicas e, é claro, vendem seus produtos. Um dos entrevistados explicou que

É comum que os vendedores ou os promotores recomendem a cultivar ‘da vez’, a variedade que promete maior produtividade e maior resistência às doenças. Ou, então, até mesmo o ‘pacote da vez’ (cultivar, inseticida, fungicida, adubo, etc.). Numa tentativa de ampliar as vendas de diferentes insumos aos produtores, os vendedores trazem um ‘defensivo milagroso’ associado a um ‘adubo milagroso’ e a uma ‘cultivar também milagrosa’, além de uma suposta assistência técnica.

Essa questão foi tão importante que vale destacar o comentário de outro entrevistado

[O representante das revendas] passa na propriedade... no mínimo uma vez por mês ele passa em cada propriedade. Geralmente, o que o vendedor recomenda eles acabam comprando e adotando. O vendedor chega lá e quer empurrar produto em excesso e isso aí acaba dificultando o nosso trabalho muitas vezes. [Os vendedores] têm uma influência muito grande sobre eles [produtores]. Muitas das vezes, é vendendo produtos que eles nem precisariam estar usando, empurrando produto, que a gente fala, sem necessidade. Acontece muito e é muito frequente. Aumenta muito o custo de produção. Não é só o cultivar. É o pacote completo. Vende a cultivar, mas já quer vender o adubo, já quer vender o agrotóxico. Às vezes acabam recomendando produtos que não são registrados para a cultura.

É interessante notar que os produtores de tomate encontram à sua disposição diversas linhas de crédito oficiais, e praticamente qualquer um que tiver interessado tem acesso, seja agricultor familiar ou não. Ainda assim, muitos preferem fazer a dívida diretamente na revenda, pois, como afirmou um dos entrevistados,

Geralmente, a firma da revenda oferece um prazo de 90 a 120 dias para pagar. E de forma desburocratizada. Assim, se configura uma forma de financiamento, menos burocratizada e, por isso, mais rápida. São condições que atraem muitos produtores, que preferem esse caminho e acabam aceitando mais os produtos recomendados pelos vendedores das revendas.

Pelo conjunto das entrevistas, foi possível verificar que há casos de produtores cujas compras de insumos são um pouco maiores, um espécie de ônus aceitável pela “consulta técnica” do vendedor, o que, quase sempre, é um agrônomo ou técnico agrícola. Os entrevistados sugerem que esses profissionais têm uma vantagem imensa sobre seus colegas da extensão rural e assistência técnica pública, pois estão ali para vender. Não são obrigados a cumprir numerosas outras atividades que fazem parte do cotidiano dos técnicos dos serviços públicos. Um entrevistado exemplificou

É recorrente que o extensionista chegue no estabelecimento agropecuário no auge da seca e veja o produtor de tomate trabalhando na estufa, com ambiente protegido, aplicando fungicida de forma preventiva, sem nenhum indício de que terá problema com fungo que causará alguma doença nas plantas. E isso foi recomendado por um vendedor, muito provavelmente um agrônomo. Dessa forma, o extensionista se vê na obrigação de convencer o produtor de que não é necessário usar aquele produto, que está sendo desperdiçado. No aspecto financeiro, o produtor está aumentando o seu custo e no aspecto ambiental está usando uma carga maior de defensivo agrícola, de forma desnecessária.

Muitos respondentes afirmaram que o uso do aplicativo Whatsapp facilitou a atuação dos profissionais da Emater-DF. O produtor manda uma foto de uma planta doente ou atacada por algum inseto, e o técnico oferece um diagnóstico à distância. Tudo indica que quase todos os produtores possuem um pacote de internet, que atualmente é muito barato. Além disso, a Emater-DF, em relação às demais do País, é uma das empresas públicas de extensão rural que mais dispõem de técnicos no campo. Entretanto, ela não consegue atender de maneira individualizada e com a frequência adequada. Isso foi muito bem explicado na resposta de um entrevistado

É que os extensionistas não prestam assistência apenas para produtores de hortaliças, mas também para os de frutas e grãos e realizam levantamentos ambientais, apoio ao crédito,

captação de recursos, entre outros, o que torna impossível uma assistência mais próxima e rotineira. Mas o vendedor de insumos está lá, todos os dias, com o produto, com a receita de aplicação.

Outro aspecto importante, apresentado por muitos entrevistados, revela que parte dos agricultores tem o hábito de atribuir todos os problemas da lavoura às cultivares. Ou seja, se há problemas na lavoura, ele troca a cultivar no plantio seguinte, o que é muito fácil, pois há uma quantidade muito grande de cultivares disponíveis nas revendas. Raramente, o produtor identifica outras variáveis que levaram aos problemas, como o clima adverso ou o manejo equivocados. Afirma um entrevistado

Tem muito material à disposição do produtor, muita disponibilidade de materiais. Então, o produtor quer materiais que realmente tenham o maior potencial possível de produzir em menor quantidade de defeitos. O produtor, quando o tomate vai bem, ele repete. Se ele for mal, já troca. Ele nunca credita a ele mesmo, ou à condição climática diversa, ou a qualquer outro tipo de coisa o insucesso da cultura. Ele sempre culpa as cultivares.

Recentemente, foi promulgada a Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 2018, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa, 2018). É uma norma que define procedimentos para a aplicação da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva de produtos vegetais frescos para fins de monitoramento e controle de resíduos de agroquímicos, em todo o território nacional. Sobre esse tema, alguns respondentes afirmaram que “Essa nova normatização vai acabar forçando o produtor a gerir melhor sua produção”. Mas outros entendem que “Essa norma vai aumentar a exclusão dos pequenos produtores de tomate do mercado”.

Por fim, os entrevistados expuseram problemas graves verificados na condução das lavouras por grande parte dos produtores de tomate para mesa no DF: “utilização de mudas

de baixa qualidade”, “não rotação de culturas”, “ausência de outras práticas de conservação dos solos, como a adubação verde” e “permanência no campo de restos culturais”. Além disso, diversas entrevistas apontaram também como desafio o “manejo inadequado da irrigação”. Os produtores insistem em aplicar água em excesso e em momentos errados. Alguns ainda possuem sistemas de irrigação precários, como afirma um entrevistado:

O paradigma deles é assim: ‘Ah, eu não vou reduzir de 1 hora para 20 minutos, 10 minutos por dia de irrigação – ou para dia sim e três não – porque a minha planta vai sentir. Eu já estou acostumado a isso, e eu sempre fiz assim e vou continuar fazendo assim’ [...]. Tem gente aqui que ainda planta tomate com sistema de aspersão. Eu vejo muito pouco interesse do produtor em observar essa questão. Infelizmente a gente ainda encontra alguns fazendo irrigação em sulco de uma forma totalmente arcaica. A gente tem desde produtores arcaicos até outros com alta carga de tecnologia.

Como a irrigação é feita de maneira inadequada, sobretudo com excesso de água, a consequência é o aumento da incidência de doenças causadas por fungos e bactérias, principalmente os que atacam as raízes e o sistema vascular das plantas. Para minimizar o problema das doenças, os produtores recorrem a mais defensivos agrícolas. Todavia, o efeito do excesso de água vai além da questão dos problemas fitossanitários e da salinização dos solos. Nos últimos anos, ocorreram crises hídricas no DF.

Considerações finais

O objetivo desta pesquisa foi analisar as relações comerciais da cadeia produtiva de tomate para mesa no DF e seus reflexos na baixa adoção de boas práticas agrícolas. Para tanto, utilizou-se um estudo exploratório sobre a produção dessa hortaliça no DF, com base na análise de dados do Censo Agropecuário de 2017 e por meio de entrevistas.

Segundo o Censo Agropecuário de 2017, a produção de tomate estaqueado no DF conta com a participação de agricultores familiares e não familiares, sendo estes últimos responsáveis pela maior parcela produzida e pelo maior valor da produção. Quando se comparam os dados dos censos de 2017 e de 2006, verifica-se aumento de 23% no número de estabelecimentos produtores de tomate estaqueado e queda de mais de 35% da produção e do valor da produção.

A produção de tomate estaqueado ocorreu, em sua maior parte, em estabelecimentos de até dez hectares, com tendências de concentração em estabelecimentos de cinco até dez hectares. Ou seja, observou-se que um subgrupo desse grupo de área responde pelo maior percentual produzido.

As variáveis do Censo Agropecuário de 2017 que retratam o nível tecnológico dos estabelecimentos mostram que mais de 80% deles tiveram acesso à assistência técnica, com destaque para aquela prestada por instituição pública governamental. Também foi amplo o percentual de estabelecimentos com acesso à internet (quase 77%). Sobre o nível de escolaridade dos produtores, verificou-se que a maior parte deles tinha, ao menos, completado o ensino médio regular.

Também, segundo os dados do censo, o uso de práticas agrícolas como adubação e correção de solo foram adotados pela maioria dos estabelecimentos, enquanto o uso de agrotóxico foi utilizado por menos de 50% deles. A irrigação foi realizada por mais de 90% dos estabelecimentos da horticultura e respondeu 29% da área dedicada à atividade hortícola no DF. Os principais métodos empregados foram a irrigação localizada por gotejamento e a irrigação por aspersão convencional.

Portanto, as variáveis tecnológicas do Censo Agropecuário de 2017 (acesso à internet e à assistência técnica, nível de escolaridade e uso de adubos, defensivos agrícolas e irrigação) atestam que é alto o nível tecnológico dos estabelecimentos agropecuários do DF.

No entanto, o conjunto das entrevistas revelou que é baixa a adoção de boas práticas agrícolas, como o manejo integrado de pragas; a adubação conforme recomendação técnica depois da análise do solo; e a irrigação de acordo com a avaliação da umidade do solo. As entrevistas apontaram também que é comum o uso de mudas de baixa qualidade e a permanência no campo de restos culturais e que é rara a rotação de culturas com a inclusão de adubos verdes em plantio direto.

Foi possível verificar que é alto os custos da produção do tomate quando comparado com os da alface, por exemplo. Conforme a maioria dos entrevistados, é grande a dificuldade do produtor de tomate do DF para se precaver contra oscilações de preço e para realizar uma gestão adequada da produção. Por isso, tem ocorrido uma seleção de produtores, pois parte deles não consegue ter a produção de tomate como sua principal atividade econômica.

Tal situação parece estranha quando se verifica a diferença dos dados relacionados com a quantidade de produtores entre os censos de 2006 e de 2017: crescimento de 23% do número de estabelecimentos produtores de tomate esteaqueado. No entanto, verifica-se que a produção e o valor da produção caíram em média 34%. Além disso, apesar de o censo mostrar que a maior parte dos estabelecimentos produtores de tomate é da agricultura familiar, tanto a quantidade quanto o valor da produção são maiores nos estabelecimentos não familiares. Diante desses dados e daquilo que foi possível captar das entrevistas, surge esta hipótese: cresceu o número de produtores de tomate, mas, para muitos, essa não é a atividade agrícola mais importante, já que o volume e o valor da produção caíram.

As entrevistas revelaram que, apesar de a Emater-DF ser uma das empresas mais fortes de assistência técnica e extensão rural do Brasil, os produtores de tomate procuram pouco seus serviços para, por exemplo, fazer a adubação de acordo com os resultados das análises de solo. Mas é grande a presença de vendedores de insumos agrícolas que oferecem assistência técnica

atrelada à promoção e venda de seus produtos. Revelaram também que os extensionistas da Emater-DF não conseguem visitar os estabelecimentos produtores de tomate com frequência, pois precisam cumprir muitas tarefas. Então, suas recomendações técnicas ficam em desvantagem diante das recomendações dos vendedores de insumos.

Conforme as respostas dos entrevistados, há fortes indícios de que há grande pressão dos representantes comerciais das indústrias de insumos e das revendas locais sobre os produtores de tomate do DF. O que se conclui é que, na cadeia produtiva de tomate para mesa do DF, há um agente econômico que exerce papel muito forte: a indústria de insumos agrícolas por intermédio dos seus representantes comerciais e dos vendedores de insumo agrícola. Ou seja, eles assumem grande poder nas relações hierárquicas e decisórias em termos de adoção de tecnologias, situação bastante diferente do que ocorre na cadeia produtiva do tomate para a indústria. Nesta última, a indústria de atomatados coordena a cadeia.

Por fim, surgiu uma hipótese: é possível que, num futuro relativamente próximo, as empresas de varejo e, por consequência, as empresas atacadistas e os intermediários passem a exigir mais fortemente alguns contornos tecnológicos até aqui não exigidos relacionados com o uso de defensivos agrícolas. Tal fato pode decorrer das exigências da INC Nº 02, que define procedimentos para a aplicação da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva de produtos vegetais frescos para fins de monitoramento e controle de resíduos de agroquímicos (Anvisa, 2018). Portanto, pode ocorrer um certo equilíbrio de forças entre a indústria de insumos e as empresas de varejo, embora essa nova instituição possa ser mais um fator de exclusão de produtores de tomate no DF. Será preciso acompanhar as consequências da implementação dessa nova normativa na cadeia produtiva de tomate para mesa no DF, nos próximos anos, para concluir se tal hipótese se confirma.

Referências

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa Conjunta, nº 2, de 7 de fevereiro de 2018. Define os procedimentos para a aplicação da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva de produtos vegetais frescos destinados à alimentação humana, para fins de monitoramento e controle de resíduos de agrotóxicos, em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**, 8 fev. 2018. Seção 1, p.148-149.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BOITEUX, L.S.; MELO P.C.T. de; VILELA, N.J. Tomate para consumo in natura. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. da. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.557-577.
- CASTRO, A.M.G. de. Prospecção de cadeias produtivas e gestão da informação. **Transiforcação**, v.13, p.55-72, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-37862001000200004>.
- CASTRO, A.M.G. de; LIMA, S.M.V.; CRISTO, C.M.P.N. Cadeia produtiva: marco conceitual para apoiar a prospecção tecnológica. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 22., 2002, Salvador. **Anais**. São Paulo: Ed. da USP, 2002. p.1-14.
- CASTRO, A.M.G. de; LIMA, S.M.V.; FREITAS FILHO, A. de. Estratégias para a institucionalização de prospecção de demandas tecnológicas na Embrapa. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.1, p.3-16, 1999. Disponível em: <http://www.revista.dae.ufpa.br/index.php/ora/article/view/291>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- EMATER-DF. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. **Siscusto**: custo de produção hortaliças e frutas. 2022. Disponível em: <https://emater.df.gov.br/custos-de-producao>. Acesso em: 26 abr. 2023.
- FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; BERTOL, I. (Coord.). **Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**: o cultivo do tomate. Florianópolis: Epagri, 2016. 87p. (Epagri. Boletim técnico, 131).
- FIGUEIREDO, P.N. **Gestão da inovação**: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf. Acesso em: 22 maio 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 22 maio 2021.
- LOPES, C.A.; PEDROSO, M.T.M. (Ed.). **Sustentabilidade e horticultura no Brasil**: da retórica à prática. Brasília: Embrapa, 2017. 433p. (Embrapa-DPD. Texto para discussão, 47).
- MINAYO, M.C. de S. Amostras e saturação em pesquisa qualitativa: consensos e controvérsias. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v.5, p.1-12, 2017. Disponível em: <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/82>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- PEDROSO, M.T.M. **Estudo exploratório da cadeia produtiva do tomate para a indústria**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2020. 26p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 181).
- ROMEIRO, A.R. O modelo de inovações induzidas de Hayami e Ruttan. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.18, p.469-476, 1988.
- SALLES-FILHO, S.; BIN, A. Reflexões sobre os rumos da pesquisa agrícola. In: BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M. da; NAVARRO, Z. (Ed.). **O mundo rural NO Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília: Embrapa, 2014. p.423-452.
- SCHUMPETER, J.A. **The Theory of Economic Development**. Cambridge: Harvard University Press, 1957.
- SIMIONI, F.J.; HOEFELICH, V.A.; SIQUEIRA, E.S.; BINOTTO, E. Análise -diagnóstica e prospectiva de cadeias produtivas: uma abordagem estratégica para o desenvolvimento. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina. **Anais**. Londrina: Sober, 2007.
- VIEIRA FILHO, J.E.R. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M. da; NAVARRO, Z. (Ed.). **O mundo rural no Brasil do século 21**: a formação de um novo padrão agrário e agrícola. Brasília: Embrapa, 2014. p.395-421.
- VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. **Temáticas**, v.22, p.203-220, 2014. DOI: <https://doi.org/10.20396/tematicas.v22i44.10977>.

Diversificação e produção agrícola no Brasil

Uma análise por modelos espaciais¹

Pietro Andre Telatin Paschoalino²
José Luiz Parré³

Resumo – O objetivo deste estudo foi analisar a relação entre a diversificação agrícola e a produção das lavouras permanentes e temporárias em 2017 nas microrregiões brasileiras. Para isso, foram utilizados estimadores, como o de mínimos quadrados ordinários, bem como modelos que consideram a dependência espacial nos dados – como os de defasagem espacial (SAR), erro autorregressivo espacial (SEM) e defasagem espacial com erro autorregressivo espacial (SAC), tendo-se considerado os estimadores de máxima verossimilhança e de correção do problema de heterocedasticidade. Os resultados mostram relação negativa entre diversificação e produção agrícola e evidenciam que a estratégia de especialização para o aumento da produção foi eficiente em 2017.

Palavras-chave: diversificação agrícola, econometria espacial, economia agrícola.

Diversification and agricultural production in Brazil: an analysis using spatial models

Abstract – The objective of this study was to analyze the relationship between agricultural diversification and the production of permanent and temporary crops in the year 2017, in Brazilian microregions. For this purpose, some estimators were used, such as the ordinary least squares (OLS), and models that consider the spatial dependence in the data, as the spatial lag regression (SAR), the spatial autoregressive error (SEM), and the spatial autoregressive combined model (SAC), considering the maximum likelihood and the correction for the heteroscedasticity. The results show a negative relationship between diversification and agricultural production, evidencing that the specialization strategy to increase production was efficient in 2017.

Keywords: agricultural diversification, spatial econometrics, agricultural economics.

Introdução

Agroecossistemas são sistemas ecológicos transformados e simplificados para fins agrícolas (Di Falco & Chavas, 2008, p.83, tradução nossa).

Segundo Giller et al. (1997), as práticas agrícolas são responsáveis por afetar diversas funções biológicas e, entre tais práticas, a redução de diversidade agrícola pode afetar, por exemplo,

¹ Original recebido em 14/9/2022 e aprovado em 6/11/2022.

² Doutor em Economia, professor temporário do colegiado de Economia da Universidade Estadual no Norte do Paraná (Uenp). E-mail: pietro_telato@hotmail.com

³ Doutor em Economia Aplicada, professor titular do Departamento de Economia e do Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Estadual de Maringá (PCE/UEM). E-mail: jlparre@uem.br

a repartição equilibrada de nutrientes do solo, bem como interferir negativamente na fixação de matéria orgânica e nitrogênio. Os serviços ecossistêmicos do solo e a diversificação de culturas agrícolas são fatores determinantes sobre a agricultura, e esta última impacta a resiliência agrícola de várias maneiras, com implicações sobre as condições e a biodiversidade do solo (Di Falco & Zoupanidou, 2017).

A produção agrícola é caracterizada por risco, e a diversificação faz parte do planejamento da gestão de risco *ex-ante*, principalmente em ambientes climáticos desfavoráveis (Di Falco & Chavas, 2009). Além da redução de riscos, a diversificação pode apresentar economias de escopo e eficiências de diversificação (Coelli & Fleming, 2004; Rahman, 2009; Piedra-Bonilla et al., 2020).

Porém, destaca-se que o impacto da diversificação agrícola sobre a produção na agricultura ainda não é conclusivo. Estudos demonstram que a diversificação é um fator importante diante da escassez de precipitação ou da degradação ambiental (Di Falco & Chavas, 2008; Di Falco & Zoupanidou, 2017; Donfouet et al., 2017). Além disso, destaca-se que a diversificação pode contribuir na construção de sistemas agrícolas ambientalmente sustentáveis (Piedra-Bonilla et al., 2019).

Apesar de tais resultados, também existem trabalhos que demonstraram relação inversa entre produtividade e diversificação, como Kidane & Zegeye (2018), ainda que o resultado tenha sido não significativo, e Parré & Chagas (2022), embora os autores tenham avaliado a produtividade como um dos determinantes da diversificação. Até mesmo do ponto de vista teórico, levando-se em consideração aspectos de eficiência, segundo Coelli & Fleming (2004), e destacado por Rahman (2009), de forma geral a especialização na produção leva a ganhos de eficiência por meio da divisão do trabalho e dos recursos gerenciais, enquanto eficiências de diversificação, que trabalham em direção oposta às eficiências de especialização, derivam do conhecimento íntimo do ambiente de produção

e dos processos produtivos, ainda que em um ambiente de produção incerto, e da capacidade de ajustar seu trabalho e outros recursos às várias atividades agrícolas (Coelli & Fleming, 2004; Rahman, 2009).

Assim, diante de resultados heterogêneos, justifica-se a necessidade de ampliar os estudos sobre tal temática no Brasil. Avaliar como a diversificação agrícola se correlaciona com a produção, por diferentes métodos, é uma questão importante e ainda pouco explorada na literatura brasileira. Espera-se que o nível de diversificação agrícola tenha apresentado relação com a produção em 2017.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre diversificação de culturas agrícolas com o valor da produção agrícola (lavouras permanentes e temporárias) em 2017 (ano do último censo agropecuário) nas microrregiões brasileiras.

Este estudo usou os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 2017) e do Censo Agropecuário (IBGE, 2022) e as ferramentas da econometria e da econometria espacial para analisar, assim, a possível dependência espacial nos dados. Destaca-se que tal nível geográfico foi escolhido pelo fato de não ser possível realizar a estimação da diversificação agrícola, da forma como foi construída metodologicamente, para níveis mais desagregados – para municípios, por exemplo –, já que não há informações de produção para determinadas culturas em tais casos.

Neste estudo, a diversificação agrícola é representada através do índice de Shannon, como descrito em Magurran (1988), que usa as proporções da área plantada de cada cultura – no caso específico, em cada uma das microrregiões analisadas. Foi calculado o índice também com base no valor da produção de cada cultura para verificar se os resultados se mantêm robustos diante de tal consideração. Segundo Piedra-Bonilla et al. (2020), com tal variável (valor da produção) considera-se a possibilidade de cultivos sucessivos ou simultâneos e evitam-se erros

de medida que podem estar associados à variável de área.

Não se conhece um estudo que tenha avaliado todo o território nacional e toda a agricultura brasileira – representada neste trabalho pelas lavouras temporárias e permanentes – e que considere os possíveis efeitos espaciais em análise da relação entre diversificação e produção agrícola. Entre os trabalhos nacionais de maior destaque estão Sambuichi et al. (2016), cujo objetivo foi analisar os determinantes da diversificação na agricultura familiar, e Piedra-Bonilla et al. (2020), estudo que avalia como a diversificação agropecuária evolui, com o emprego dos índices de Simpson e Shannon – ambos considerando o valor da produção – entre 1987 e 2017.

Revisão de literatura

Segundo Piedra-Bonilla et al. (2020), a diversificação agropecuária é capaz de reduzir riscos e propiciar economia de escopo, podendo ocorrer de diversas maneiras:

a) Consórcio de culturas – prática que corresponde ao cultivo simultâneo, na mesma área e no mesmo período, de pelo menos duas espécies vegetais.

b) Sucessão de culturas – quando dentro do período de um ano há variação de culturas, ou seja, em períodos diferentes mas na mesma área (Piedra-Bonilla et al., 2020).

c) Rotação de culturas –

[...] alternância de cultivo de espécies vegetais não suscetíveis aos patógenos da cultura alvo, num mesmo local da lavoura, na mesma estação de cultivo [...] (Reis et al., 2011, p.87-88).

d) Integração lavoura-pecuária –

[...] são sistemas planejados que envolvem interações temporais e espaciais em diferentes escalas com exploração animal e agrícola dentro da mesma área, simultaneamente ou desar-

ticulada e em rotação ou sucessão. (Moraes et al., 2014, p.4, tradução nossa).

e) Sistemas agropecuários mistos (SAM) – exploração de culturas e criação de animais no mesmo estabelecimento agropecuário (Piedra-Bonilla et al., 2020).

f) Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) – quando numa mesma área existem atividades agrícolas, pecuárias e florestais que ocorrem de maneira sustentável, por meio de cultivo consorciado, rotação ou sucessão (Balbino et al., 2012).

g) Agroflorestas –

[...] integram simultaneamente ou sequencialmente culturas anuais, plantas lenhosas perenes, espécies frutíferas, arbustos e animais na mesma área. (Martinelli et al., 2019, p.274, tradução nossa).

De acordo com Iottty & Szapiro (2013), e destacado por Piedra-Bonilla et al. (2020), a economia de escopo ocorre quando dois (ou mais) produtos são produzidos na mesma planta e

$$C(q_a, q_b) < C(q_a, 0) + C(0, q_b) \quad (1)$$

Ou seja, o custo de produzir q_a e q_b na mesma planta – $C(q_a, q_b)$ – é menor do que os de produzir em plantas distintas – $C(q_a, 0)$; $C(0, q_b)$. Os motivos para verificação de tal fato podem ser: a) a existência de fatores comuns – uma vez que determinado insumo tenha sido adquirido, pode-se usá-lo de forma gratuita na produção de outros bens (um exemplo importante seria a irrigação); b) a existência de reserva de capacidade – refere-se ao aproveitamento total da planta produtiva, eliminando a capacidade ociosa; c) a complementaridade tecnológica e comercial – em termos econômicos, essa é a fonte mais importante e decorre de produtos que exibem base técnica e de mercado semelhantes (Iottty & Szapiro, 2013; Piedra-Bonilla et al., 2020).

Dessa forma, a diversificação pode afetar também a eficiência da produção, já que a eficiência de diversificação, que caminha em dire-

ção oposta à eficiência de especialização, pode decorrer, por exemplo, do conhecimento do ambiente de produção e da capacidade de ajustar o uso de insumos às diversas atividades agrícola, como a mão de obra (Rahman, 2009).

É necessário destacar que além da possível economia de escopo e eficiências de diversificação, como colocado anteriormente, o principal objetivo da diversificação na agricultura é “reduzir o risco de retorno geral, selecionando uma mistura de atividades que tenham retornos líquidos com correlação baixa ou negativa”. (Culas & Mahendrarajah, 2005, p.1, tradução nossa).

Destacam-se os estudos seguintes, que avaliaram de que maneira a diversificação agrícola impacta a produção ou produtividade: Chavas & Di Falco (2012), Kidane & Zegeye (2018), Di Falco & Zoupanidou (2017) e Donfouet et al. (2017).

Chavas & Di Falco (2012) estimaram uma função de produção da quantidade produzida de *teff* (quilos) na região de Tigray, na Etiópia, com dados ao nível de fazenda (pesquisa realizada em 1999 e 2000) e com diversas variáveis, entre elas a produção de outros cereais (trigo e cevada). Entre os métodos de estimação, empregaram mínimos quadrados ordinários (MQO), variáveis instrumentais e variáveis instrumentais ponderadas, utilizando como instrumentos para as variáveis endógenas (entre elas, a produção das demais culturas) a heterogeneidade agroecológica da fazenda e a proporção de terras sob medidas de conservação, além da distância para o fornecedor de insumos. Encontraram que o efeito das outras culturas (em sua forma linear) sobre a produção de *teff* é negativa, mas que a interação entre a produção de trigo e cevada foi positiva, demonstrando, assim, que há efeito de complementaridade no ecossistema (Chavas & Di Falco, 2012).

Kidane & Zegeye (2018) avaliaram o impacto da diversificação (índice de Herfindahl) sobre a produtividade da terra (valor da produção em relação à área operada no lote), com dados em painel ao nível de fazenda em nove distritos

da Etiópia em 2010 e 2013. Primeiramente, os autores estimaram a diversificação em um probit fracional via efeitos aleatórios correlacionados e, posteriormente, incluíram os resíduos na equação de produtividade – verificaram que tal variável não se apresentou como endógena. Via estimação da produtividade também por efeitos aleatórios correlacionados, verificaram que o efeito da diversificação sobre a produtividade foi negativo (embora não significativo), e uma possível explicação para o resultado é que gerir um número maior de culturas é mais complexo (exigem-se habilidades e uso e insumos adequados) do que uma produção especializada.

Di Falco & Zoupanidou (2017) avaliaram, por meio de um painel não balanceado com dados ao nível de fazenda entre 1981 e 2003, como a diversificação (contabilizada pelo número de culturas ou de atividades pecuárias) impacta o valor da produção de cereais e leguminosas (em euros). Os autores consideraram a variável de diversificação endógena e, pelo método dos momentos generalizados (GMM) de Arellano-Bond em duas etapas, encontraram efeito positivo da diversificação sobre a produção. Além disso, pela interação com a variável que mede a diversidade do solo, encontraram que tal efeito é maior sobre solos degradados.

Donfouet et al. (2017) avaliaram o impacto da diversificação agrícola (índice de Shannon) sobre o valor da produção agrícola das fazendas francesas especializadas em cereais, sementes oleaginosas e proteaginosas em 2007 com dados construídos ao nível de *small agricultural region* (SAR). Verificam que a diversificação, sua interação com a precipitação e a defasagem espacial da variável dependente são endógenas, usando como instrumentos externos para a diversificação a proporção de terras com alto potencial de biodiversidade e a proporção de fazendas cujo proprietário tem menos de 40 anos, além da construção de instrumentos. De acordo com os resultados estimados por mínimos quadrados generalizados em dois estágios espacial (SAC), a diversificação exibe impacto positivo e significativo na produção, sendo sua contribuição mar-

ginal mais importante quando a precipitação é baixa.

Como destacado por Donfouet et al. (2017), alguns artigos (como Di Falco & Chavas, 2008) demonstram a diversificação de culturas como significativa e positivamente relacionada com a produção, principalmente diante da baixa precipitação. Porém, como visto em Kidane & Zegeye (2018), o resultado pode nem sempre ser positivo, pois envolve outras questões, como as dificuldades e a complexidade para gerir um número maior de culturas.

Parré & Chagas (2022) verificaram queda da diversificação média brasileira, quando medida pelas Unidades da Federação, e estimaram os determinantes da diversificação. Uma das variáveis utilizadas foi a produtividade (valor da produção dividida pela área plantada). A relação entre as variáveis foi negativa, e uma possível explicação é que, como o valor da produção é feito com valores monetários, então privilegia-se o mercado de commodities, que apresentou preços elevados nos últimos anos (Parré & Chagas, 2022).

Destaca-se também que Caldeira (2019) fez uma análise direcionada aos municípios do Cerrado, estimando uma função em que a produtividade (valor da produção com relação à área colhida) depende do índice de Shannon-área e do número de tratores e pessoal ocupado (ambos divididos pela área dos estabelecimentos), utilizando regressões espaciais, estimadas por máxima verossimilhança. Os resultados mostraram relação positiva entre diversificação e produtividade, divergentes dos encontrados em Parré & Chagas (2022).

Procedimentos metodológicos

A análise exploratória de dados espaciais (Aede) será empregada para a etapa inicial de confirmação da autocorrelação espacial. Assim, para testar a hipótese de autocorrelação, será utilizada a estatística I de Moran global da variável aplicada aos resíduos da regressão estimada

por MQO. A estatística I de Moran, que segundo Almeida (2012) foi proposta por Moran (1948), é um coeficiente de autocorrelação espacial, matricialmente expresso por

$$I = (n/S_0) / (z'W_z/z'z) \quad (2)$$

em que z denota os valores padronizados da variável de interesse; n é o número de regiões; W_z representa os valores médios da variável de interesse nos vizinhos (também padronizada) através de uma matriz de ponderação espacial W . Cada componente dessa matriz, referente à região i e à região j , é contabilizado como w_{ij} . S_0 é igual à operação

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

ou seja, todos os elementos da matriz de ponderação espacial W devem ser somados. (Almeida, 2012).

Quanto à econometria espacial, primeiramente deve-se partir do modelo clássico de regressão linear, ou seja, que não considera a influência dos efeitos espaciais (Almeida, 2012). Segundo Greene (2012), o modelo de MQO busca estimar os parâmetros da relação estocástica

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

em que y é um vetor $n \times 1$ de observações da variável dependente, X é uma matriz $n \times k$ de observações em k variáveis exógenas, e ε é o vetor do termo de erro.

Em relação aos modelos econométricos espaciais, eles partem de incorporações de defasagens espaciais ao modelo expresso na equação 3 (Almeida, 2012). No caso de modelos de alcance global, a abrangência dos transbordamentos espaciais é considerada global; assim, o impacto na variável dependente será direcionado para todas as regiões da análise, enquanto nos modelos de alcance local apenas algumas regiões da área em estudo sofrerão os impactos da dependência espacial, majoritariamente os vizinhos diretos e indiretos de segunda ordem. (Almeida, 2012).

Este estudo é dirigido aos modelos de alcance global na tentativa de acomodar a dependência espacial, mas, diferentemente do aplicado por Donfouet et al. (2017), que só considerou o alcance global via modelo SAC, aqui também serão estimados os modelos SAR e SEM.

De acordo com Anselin (2003), a dependência espacial pode ser incorporada de duas maneiras nos modelos convencionais: como uma covariada representando a variável dependente espacialmente defasada (Wy) (modelo de defasagem espacial, SAR); ou quando se verifica que $E[\varepsilon_i \varepsilon_j] \neq 0$ na estrutura de erro (modelo de erro autorregressivo espacial, SEM). Formalmente, o modelo de defasagem espacial é expresso por (Anselin, 2003; Bivand & Piras, 2015)

$$y = \rho_{lag} Wy + X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

em que W é uma matriz de pesos espaciais $n \times n$ observada e não estocástica e, consequentemente, Wy é uma variável $n \times 1$ que geralmente é chamada de variável dependente espacialmente defasada; β são parâmetros correspondentes; e ρ_{lag} é o coeficiente do termo autorregressivo. (Anselin, 2003; Bivand & Piras, 2015).

O termo de defasagem espacial precisa ser entendido como uma variável endógena, e se os métodos de estimação não considerarem essa endogeneidade, como o MQO, seus resultados serão tendenciosos e inconsistentes (Anselin, 2003). No caso do modelo SEM, ele pode ser expresso por (Almeida, 2012; Bivand & Piras, 2015)

$$y = X\beta + u \quad (5)$$

$$u = \rho_{erro}Mu + \varepsilon \quad (6)$$

em que ρ_{erro} é um parâmetro escalar geralmente chamado de parâmetro autorregressivo espacial, M é uma matriz de ponderação espacial $n \times n$, que pode ser a mesma que W (Almeida, 2012; Bivand & Piras, 2015). Assim, a dependência espacial entre os termos de erro em localidades vizinhas ocorre pelo fato de o modelo não considerar todas as fontes de dependência espacial no processo gerador de dados (Darmofal, 2006).

Por fim, destaca-se que o modelo de defasagem espacial com erro autorregressivo (SAC) é utilizado quando a dependência espacial é verificada nas suas duas possibilidades, ou seja, pela defasagem da variável dependente e por meio de erros autocorrelacionados espacialmente (Almeida, 2012).

Para levar em consideração erros heterocedásticos e a endogeneidade da variável dependente defasada espacialmente, usou-se o pacote Sphet do software R. Logo, as estimações dos modelos espaciais do tipo SAC são feitas pelo método GMM utilizando os resíduos do método de mínimos quadrados generalizados em dois estágios espacial. Para tal, os passos se alternam entre variáveis instrumentais e GMM (Bivand & Piras, 2015). Parte-se da especificação

$$y = Y\pi + X\beta + \rho_{lag} Wy + u \quad (7)$$

em que Y é uma matriz $n \times p$ de observações em p variáveis endógenas; π são os seus parâmetros correspondentes; o vetor de erro u segue um processo autorregressivo espacial na forma da equação 6 (Bivand & Piras, 2015). Uma maneira mais compacta de representar o mesmo modelo é dado por

$$y = Z\delta + u \quad (8)$$

em que $Z = [Y, X, Wy]$ é o conjunto de todas as variáveis explicativas (endógenas e exógenas) e $\delta = [\pi^T, \beta^T, \rho_{lag}]^T$ é o vetor correspondente dos parâmetros. Parte-se então para a transformação espacial de Cochrane-Orcutt (Bivand & Piras, 2015)

$$y^* = Z^*\delta + \varepsilon \quad (9)$$

em que $y^* = y - \rho_{erro}My$ e $Z^* = Z - \rho_{erro}MZ$.

A partir de então, pode-se resumir as etapas das estimativas. Um estimador de variáveis instrumentais inicial de δ (do modelo não transformado) leva a um conjunto de resíduos consistentes. Esse vetor de resíduos será empregado para a derivação das condições do momento quadrático que fornecem uma primeira estima-

tiva consistente para o parâmetro autorregressivo ρ_{erro} . Depois de substituir o valor real de ρ_{erro} por sua estimativa consistente, uma estimativa do δ é então alcançada via mínimos quadrados de dois estágios do modelo transformado. Com base nos resíduos de mínimos quadrados generalizados em dois estágios, e em uma nova iteração GM, é possível obter uma estimativa consistente e eficiente de ρ_{erro} . (Bivand & Piras, 2015).

A matriz de variância-covariância assintótica para o coeficientes é, por sua vez, calculada usando a estimativa de δ , os resíduos e a estimativa do coeficiente espacial ρ_{erro} . (Bivand & Piras, 2015).

Para o caso do modelo SAR, a estimação é feita por mínimos quadrados de dois estágios espacial. Para o modelo SEM, o primeiro passo é realizado ou por MQO ou VI, ou seja, dependendo de o modelo incluir variáveis endógenas; então, depois de estimar ρ_{erro} via GMM, é feita a transformação de Cochrane-Orcutt e, a partir da matriz de instrumentos H , o modelo pode ser estimado por mínimos quadrados de dois estágios. (Bivand & Piras, 2015).

Modelo empírico e variáveis utilizadas

Para avaliar a relação entre diversificação e produção agrícola, parte-se de Donfouet et al. (2017), que afirmam que a diversificação de culturas é um insumo na função de produção de bens agrícolas. Di Falco et al. (2010) também apresentam uma função de produção empírica em que a diversificação agrícola é um dos fatores a impactar a produção. Assim, a equação a ser estimada pode ser representada por

$$y_i = f(A_i, L_i, K_i, D_i, S_i, REG_i) + \varepsilon_i \quad (10)$$

em que y_i é o valor da produção das lavouras permanentes e das lavouras temporárias entre outubro de 2016 e setembro de 2017, em mil reais⁴. A_i é área dos estabelecimentos agropecuários em cada microrregião (ha), L_i é o pessoal ocupado nos estabelecimentos (*proxy* para trabalho), K_i é a *proxy* de capital, igual ao número de tratores, D_i é a variável que mede a diversificação agrícola, calculada pelo índice de Shannon-área ou índice de Shannon-valor, S_i é o vetor de variáveis socioeconômicas dos estabelecimentos nas microrregiões, e REG_i representam *dummies* para captar a heterogeneidade entre as grandes regiões do País.

Destaca-se que foi testada a linearidade das variáveis e, assim, algumas foram logaritmizadas. A Tabela 1 mostra as variáveis utilizadas em cada microrregião, a maior parte delas obtidas do censo referente a 2016/2017 (IBGE, 2022). Na construção do índice de diversificação, foram usados os dados da Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2017) – foram utilizadas as 64 culturas agrícolas consideradas lavouras temporárias ou permanentes pela pesquisa⁵, referentes a 2017, em decorrência do elevado nível de perda de informações por produto (sigilo do censo agropecuário).

Destaca-se que as variáveis do censo como pessoal ocupado, tratores e as variáveis socioeconômicas podem ser entendidas como *proxies*, pois, como na estrutura do censo a disposição das variáveis é para estabelecimentos agropecuários, que também considera a pecuária, por exemplo, então não é possível filtrar as variáveis que foram empregadas apenas nas

⁴ No censo agropecuário (IBGE, 2019), a área das lavouras permanentes refere-se a estabelecimentos com mais de 50 pés na data de referência, diferentemente das lavouras temporárias, que não apresentam tal corte. Assim, somou-se o valor da produção, usando o total correspondente da lavoura temporária com os valores correspondentes das lavouras permanentes nos estabelecimentos com mais de 50 pés em cada microrregião.

⁵ Abacate; abacaxi; açaí; algodão herbáceo (em caroço); alho; amendoim (em casca); arroz (em casca); aveia (em grão); azeitona; banana (cacho); batata-doce; batata-inglesa; borracha (látex coagulado); cacau (em amêndoa); café (em grão) total; cana-de-açúcar; caqui; castanha de caju; cebola; centeio (em grão); cevada (em grão); chá-da-índia (folha verde); coco-da-baía; dendê (cacho de coco); erva-mate (folha verde); ervilha (em grão); fava (em grão); feijão (em grão); figo; fumo (em folha); girassol (em grão); goiaba; guaraná (semente); juta (fibra); laranja; limão; linho (semente); maçã; malva (fibra); mamão; mamona (baga); mandioca; manga; maracujá; marmelo; melancia; melão; milho (em grão); noz (fruto seco); palmito; pera; pêssego; pimenta-do-reino; rami (fibra); sisal ou agave (fibra); soja (em grão); sorgo (em grão); tangerina; tomate; trigo (em grão); triticale (em grão); tungue (fruto seco); urucum (semente); e uva.

Tabela 1. Brasil – variáveis utilizadas no modelo empírico, 557 microrregiões, Censo 2016/2017 e PAM 2017.

Variável	Descrição	Variável do censo
$\ln(y_i)$ – logaritmo natural da produção agrícola	Logaritmo natural da soma do valor da produção agrícola das lavouras permanentes e temporárias (R\$ mil)	6955 e 6957
$\ln(A_i)$ – logaritmo natural da área dos estabelecimentos (ha)	logaritmo natural da área dos estabelecimentos (ha)	6880
$\ln(L_i)$ – pessoal ocupado	Logaritmo natural do pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários no período de referência	6888
$\ln(K_i)$ – capital	Logaritmo natural do número de tratores ⁽¹⁾	6869
D_i – diversificação agrícola	Índice de Shannon com base na área plantada ou destinada a colheita (ha) ou com base no valor da produção (R\$ mil) das 64 culturas consideradas lavouras temporárias e permanentes pela PAM	5457 – PAM
S_i – variáveis socioeconômicas	Proporção de produtores com escolaridade média a alta em relação ao número de produtores (em estabelecimentos dirigidos pelo produtor) ⁽²⁾ (S_{escol}); logaritmo natural da proporção de dirigentes (produtor ou administrador) com idade igual ou maior a 65 anos em relação ao total de dirigentes ($S_{idade65}$); proporção de estabelecimentos que receberam algum tipo de orientação técnica em relação ao total (S_{ori})	6776, 6768, 6780
REG_i	<i>Dummies</i> de controle para diferentes regiões do Brasil. A referência utilizada foi o Centro-Oeste	-

⁽¹⁾ A variável número de tratores apresentava censuras em três microrregiões; assim, recuperou-se o valor pela comparação dos dados somados para mesorregiões e dos dados já disponibilizados pelo IBGE por mesorregiões (disponibilizados pelo IBGE).

⁽²⁾ Faixas de escolaridade do produtor utilizadas na definição da variável proporção de produtores com escolaridade média a alta: antigo científico, clássico, etc. (médio 2º ciclo), regular de ensino médio ou 2º grau, técnico de ensino médio ou do 2º grau, Educação de jovens e adultos (EJA) e supletivo do ensino médio ou do 2º grau, superior – graduação e mestrado ou doutorado.

lavouras permanentes e temporárias. Destaca-se também que em algumas microrregiões o número de estabelecimentos para a variável pessoal ocupado difere (ainda que pouco) do número de estabelecimentos das demais variáveis.

Além disso, destaca-se que a amostra final deste estudo é composta por 557 microrregiões – Fernando de Noronha foi excluída, por não apresentar informação de área plantada na PAM e por não fazer fronteira com nenhuma outra microrregião. Para as microrregiões Osasco e Santos, para as quais não havia informação

disponível para definir o índice de diversificação, adotou-se o valor do índice do vizinho mais próximo⁶.

É necessário evidenciar que as variáveis aqui incluídas já foram utilizadas em outros trabalhos empíricos. O “trabalho” foi utilizado em Chavas & Di Falco (2012) (ainda que os autores tenham usado dias-pessoas), bem como em Donfouet et al. (2017), em que foi utilizada a unidade de trabalho agrícola. Porém, no Brasil é comum usar o pessoal ocupado para representar

⁶ Para a obtenção da defasagem, utilizou-se o mapa de microrregiões com sistema de coordenadas geográficas EPSG 4326, obtendo os centroides – funções `st_centroid` (`mapa, of_largest_polygon = T`) com opções `sf_use=T` e `st_is_longlat(centroides)` – e empregando-os para computar os vizinhos mais próximos – função `knearneigh` – do software R. Destaca-se que Itapeverica da Serra exibiu zero de área plantada e de valor da produção; assim, seu índice gerado foi 0 para Shannon-área e Shannon-valor. Para as regressões, também foi utilizado o mapa de microrregiões com sistema de coordenadas geográficas EPSG 4326, mas usando a matriz rainha (de contiguidade).

o trabalho, como em Caldeira (2019) e Dutra et al. (2021).

O “capital” é utilizado por Donfouet et al. (2017) (gastos em máquinas e edifícios) – aqui, foi utilizado o número de tratores como *proxy* de capital. Foi utilizado o número de tratores como em Raiher et al. (2016), na estimação da convergência da produtividade agropecuária do Sul, por ser de fácil emprego, além de captar o estoque de capital e não apenas o gasto realizado no ano. Além disso, Kidane & Zegeye (2018) também usam variáveis do tipo socioeconômicas, como gênero, educação e acesso a serviços de extensão.

A diversificação agrícola foi obtida através do índice de Shannon, conforme a expressão (Magurran, 1988)

$$S = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (11)$$

em que p_i é a proporção da área plantada para a cultura i em cada microrregião, quando considerado o índice de Shannon-valor, p_i representa a proporção do valor da produção de cada cultura i , sendo calculado um índice para cada microrregião.

Tabela 2. Estatísticas descritivas das variáveis.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
y	492.964,80	958.127,57	151,47	10.325.120,07
A	630.681,86	834.119,67	1.204,29	6.004.503,63
L	31.507,01	26.091,61	43,00	159.274
K	2.209,09	2.709,50	1,00	16.012
$D - \text{área}$	1,27	0,42	0,00	2,29
$D - \text{valor}$	1,39	0,49	0,00	2,61
S_{escol}	0,26	0,12	0,04	0,58
$S_{idade65}$	0,24	0,06	0,09	0,39
S_{ori}	0,24	0,18	0,01	0,83
Número de observações	557	-	-	-

A escolha do índice de Shannon para a diversificação agrícola decorre do fato de ele ser largamente adotado em estudos empíricos. Outro índice muito utilizado é o índice de Simpson, que é altamente ponderado nas espécies abundantes, sendo menos sensível à componente riqueza das espécies. Já o índice de Shannon pode aumentar tanto pela elevação do número de culturas quanto por causa da uniformidade do plantio para espécies diferentes (Di Falco & Chavas, 2008).

O índice de Shannon foi utilizado, por exemplo, em Di Falco & Chavas (2008) e Donfouet et al. (2017). Embora os autores tenham aplicado o logaritmo do índice de Shannon em suas formas funcionais, neste estudo optou-se por usar a variável em nível por ela ter demonstrado relativa linearidade com a variável dependente e porque isso evita duplicar a aplicação de logaritmos, já que o índice de Shannon utiliza logaritmos em sua formulação. Apesar disso, os modelos de MQO foram também calculados com o logaritmo de tais variáveis para a análise de robustez.

Resultados e discussão

A Tabela 2 mostra que a produção das culturas temporárias e permanentes foi, em média, de aproximadamente 492.964,80 milhares

de reais (em valores correntes), com um desvio padrão relativamente elevado. Outras variáveis com elevado desvio padrão foram área dos estabelecimentos e número de tratores (que aqui já foi somado a um), o que mostra as diferenças no emprego desses recursos produtivos entre as microrregiões brasileiras. Destaca-se que quase um quarto dos dirigentes possuem 65 anos ou mais, percentual próximo ao dos estabelecimentos que recebem algum tipo de orientação técnica. Apenas 26% dos produtores detêm escolaridade média a alta.

Com relação ao índice de Shannon, tanto área quanto valor, a interpretação é que quanto maior o valor do índice, maior a diversificação da microrregião em análise. Porém, verifica-se que, no geral, os índices de Shannon-área e Shannon-valor exibem valores baixos, com mínimo igual a zero (especialização total) e, embora existam regiões um pouco mais diversificadas (2,29 e 2,61), a média é muito baixa para ambos (1,27 e 1,39, respectivamente), com desvio padrão relativamente baixo, indicativo de que de fato as regiões são pouco diversificadas.

A Tabela 3 mostra a correlação entre a variável dependente $\ln(y_i)$ e as variáveis explicativas. Nota-se a relação positiva para área, tratores e pessoal ocupado, algo que já se esperava, por serem *proxies* dos insumos da função de produção agrícola. Porém, nesse caso, o índice de Shannon, área e valor, exibiu relação negativa

Tabela 3. Correlação entre a variável dependente e as variáveis explicativas do modelo de regressão.

Variável	Correlação com $\ln(y)$
$\ln(A)$	0,59
$\ln(L)$	0,41
$\ln(K)$	0,80
$D - \text{área}$	-0,13
$D - \text{valor}$	-0,22
S_{escol}	0,39
$\ln(S_{\text{idade65}})$	0,06
S_{ori}	0,46
Número de observações	557

com a variável dependente. A real correlação entre as variáveis será estudada adiante com a análise de regressão.

Além da análise de correlação, a relação de linearidade entre as variáveis foi verificada através dos diagramas de dispersão (Figura 1) – a maioria das variáveis apresenta relação aproximadamente linear com a variável dependente. Uma das variáveis que exibe uma relação menos linear com a variável dependente foi o número de tratores. Ainda assim, dada a importância de tal variável, ela foi mantida no modelo.

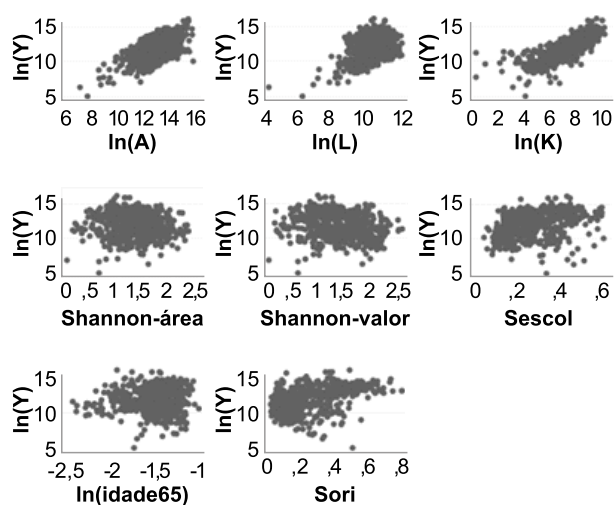


Figura 1. Diagramas de dispersão entre a variável dependente e as variáveis explicativas do modelo de regressão.

Por fim, analisa-se as variáveis $\ln(y)$, $D - \text{área}$ e $D - \text{valor}$ através de mapas de quantiles (Figura 2). Em tais mapas, identificam-se possíveis autocorrelações espaciais das variáveis, justificando assim o uso de modelos espaciais se a estrutura de erros do modelo de mínimos quadrados ordinários apresentar autocorrelação espacial.

Na Figura 2, nota-se que as variáveis exibem padrão de concentração em que muitas microrregiões estão na mesma faixa de valores de seus vizinhos. Nota-se também que a produção agrícola se concentra no Centro-Oeste, Sudeste e Sul. É fácil notar, no Centro-Oeste e Sul, que

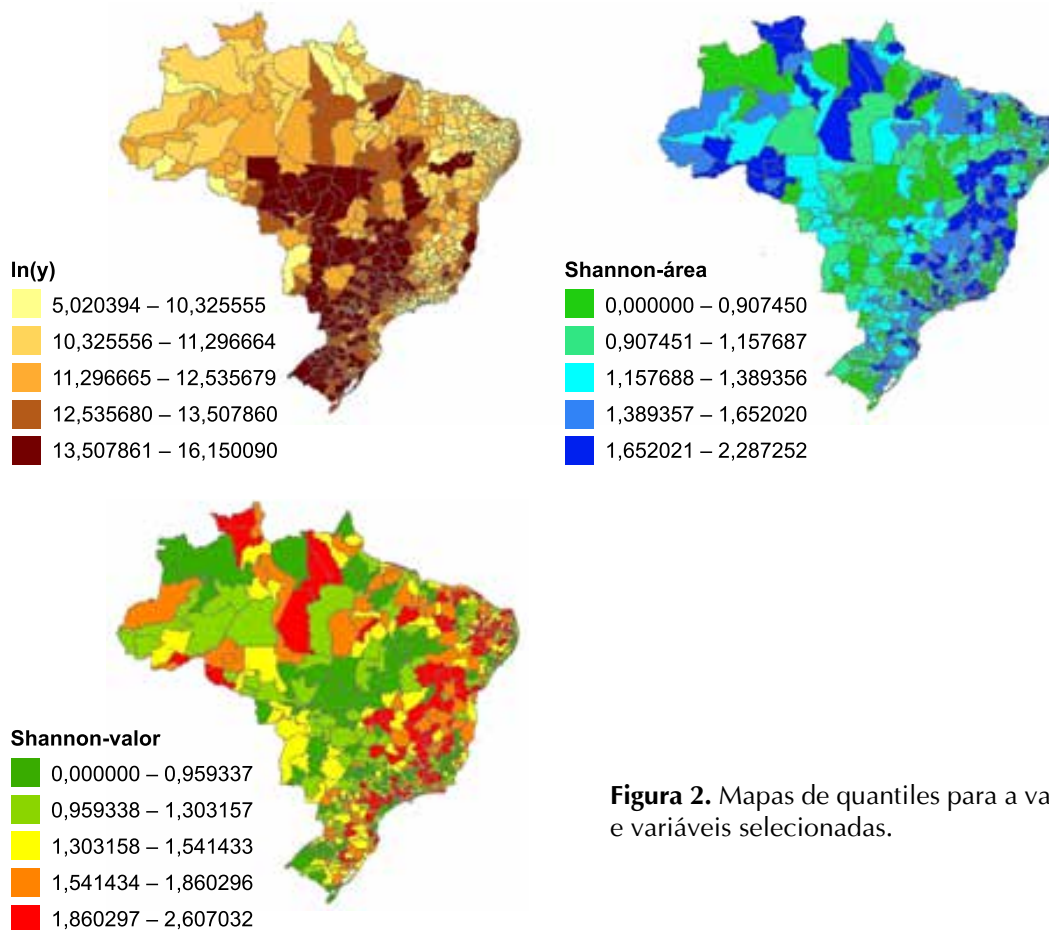


Figura 2. Mapas de quantiles para a variável dependente e variáveis selecionadas.

muitas regiões de elevado valor da produção também estão em faixas baixas de diversificação, o que mostra mais uma vez a correlação negativa entre tais variáveis.

A próxima etapa é analisar a regressão por MQO para a verificação da relação entre diversificação e produção agrícola. Os resultados são mostrados na Tabela 4 e na Tabela 5, que, para a análise de robustez, utilizou o logaritmo do índice de Shannon. Primeiramente, analisa-se os resultados dos modelos de MQO em que o modelo da segunda coluna usa a variável Shannon-valor como explicativa. Ambos os modelos incluem *dummies* de grandes regiões.

Na Tabela 4, a variável de área dos estabelecimentos apresentou sinal positivo, mas não significativo com a produção agrícola. Tal variável foi adicionada ao modelo para controlar

diferenças em tamanhos das áreas dos estabelecimentos (agregados para as microrregiões), já que se espera que a produção seja maior em maiores áreas.

Já os fatores de produção trabalho e capital apresentaram relação positiva com a variável dependente, algo esperado. Em Caldeira (2019), tal relação foi encontrada para o número de tratores sobre a produtividade agrícola, tendo o pessoal ocupado exibido sinal negativo sobre a produção. Dutra et al. (2021) avaliam os efeitos do Pronaf e da Pnae sobre o valor da produção agropecuária dos agricultores familiares nos municípios da região Sul, e o resultado do pessoal ocupado sobre a variável dependente foi positivo e significativo, bem como para o capital (representado por uma somatória que incluiu, além

Tabela 4. Estimacões empíricas via MQO.

Variável	Especificacão 1	Especificacão 2
	Coefficiente	Coefficiente
$\ln(A)$	0,12	0,14
Erro padrão	(0,08)	(0,07)
$\ln(L)$	0,64***	0,64***
Erro padrão	(0,10)	(0,09)
$\ln(K)$	0,53***	0,51***
Erro padrão	(0,07)	(0,07)
$D - \acute{a}rea$	-0,64***	-
Erro padrão	(0,11)	-
$D - valor$	-	-0,70***
Erro padrão	-	(0,09)
S_{escol}	3,98***	3,68***
Erro padrão	(0,66)	(0,64)
$\ln(S_{idade65})$	-0,99***	-0,77***
Erro padrão	(0,23)	(0,23)
S_{ori}	0,53	0,61
Erro padrão	(0,45)	(0,42)
Norte	-0,21	-0,25
Erro padrão	(0,21)	(0,20)
Nordeste	-0,16	-0,15
Erro padrão	(0,24)	(0,23)
Sudeste	-0,23	-0,25
Erro padrão	(0,20)	(0,19)
Sul	0,30	0,32
Erro padrão	(0,21)	(0,20)
Constante	-1,40	-0,98
Erro padrão	(0,91)	(0,93)
R ²	0,76	0,77
Número de observacões	557	557

Notas: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$; modelos com correccão de heterocedasticidade.

do número de tratores, implementos, máquinas, caminhões e utilitários).

Quanto às variáveis socioeconômicas, apesar de serem utilizadas como controles, a variável de escolaridade média a alta apresentou relação positiva e elevada sobre a produção, mostrando como a escolaridade dos produto-

Tabela 5. Estimacões empíricas via MQO – $\ln(D - \acute{a}rea)$ e $\ln(D - valor)$.

Variável	Especificacão 1	Especificacão 2
	Coefficiente	Coefficiente
$\ln(A)$	0,14	0,16*
Erro padrão	(0,08)	(0,08)
$\ln(L)$	0,64***	0,64***
Erro padrão	(0,10)	(0,10)
$\ln(K)$	0,52***	0,51***
Erro padrão	(0,07)	(0,07)
$D - \acute{a}rea$	-0,65**	-
Erro padrão	(0,21)	-
$D - valor$	-	-0,74***
Erro padrão	-	(0,18)
S_{escol}	3,97***	3,85***
Erro padrão	(0,64)	(0,63)
$\ln(S_{idade65})$	-0,96***	-0,82***
Erro padrão	(0,23)	(0,22)
S_{ori}	0,64	0,71
Erro padrão	(0,46)	(0,44)
Norte	-0,26	-0,26
Erro padrão	(0,21)	(0,21)
Nordeste	-0,18	-0,14
Erro padrão	(0,24)	(0,24)
Sudeste	-0,27	-0,29
Erro padrão	(0,20)	(0,19)
Sul	0,29	0,31
Erro padrão	(0,21)	(0,21)
Constante	-2,13*	-1,93*
Erro padrão	(0,88)	(0,90)
R ²	0,75	0,76
Número de observacões	557	557

Notas: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$; modelos com correccão de heterocedasticidade.

res podem influenciar a produção agrícola; a idade exibiu relação negativa com a variável dependente.

Com relação à variável de diversificacão, em ambas as especificacões (Shannon-área e Shannon-valor) ela apresentou relação negativa

com a produção agrícola. Ambos os modelos estavam sujeitos à heterocedasticidade e, para a inferência estatística, foram usados erros padrão robustos.

Os resultados aqui encontrados sobre a relação entre produção e diversificação agrícola estão mais ajustados aos de Kidane & Zegeye (2018), apesar de os autores não encontrarem significância estatística, e de Parré & Chagas (2022), embora os autores tenham utilizado a diversificação agrícola como variável dependente.

Para verificar a robustez dos resultados e para incluir o efeito da dependência espacial, foram estimadas as regressões espaciais de efeito global. Antes, porém, para identificar se havia dependência espacial nos dados, foi realizada a estatística *I* de Moran para os resíduos das regressões de MQO, bem como verificado os testes de multiplicador de Lagrange sobre as regressões estimadas. Para os testes, e na regressão, fez-se uso da matriz de pesos espaciais rainha.

A Tabela 6 mostra o teste *I* de Moran para os resíduos dos modelos estimados via MQO e o teste de multiplicador de Lagrange para tais especificações. Verifica-se autocorrelação espacial dos resíduos em ambas as especificações e que os testes de multiplicador de Lagrange apontaram a presença de dependência espacial.

Uma vez verificada dependência espacial, segue-se para as estimações espaciais. Primeiramente, estimou-se as regressões via estimadores de máxima verossimilhança, através das funções *errorsarlm*, *lagsarlm* e *sacsarlm* do pacote Spatialreg do software R. As estimativas incluem também o teste *I* de Moran para

os resíduos dos modelos estimados por máxima verossimilhança, o teste breusch-pagan para heterocedasticidade (*bptest.Sarlm*) e o teste LR, comparando o ajuste das especificações com a estimação via MQO. Os resultados são mostrados na Tabela 7. Para o modelo com Shannon-valor, os resultados estão na Tabela 8.

De acordo com as Tabelas 7 e 8, verifica-se que no geral as variáveis mantêm o sinal dos modelos anteriores, bem como sua significância estatística. Destaca-se que a variável de diversificação, tanto com as proporções de área quanto pelas proporções do valor da produção, apresenta sinal negativo.

Além disso, todos os modelos apresentaram heterocedasticidade. Do teste LR, verifica-se que os modelos espaciais são melhores que o estimado via MQO. Por fim, nota-se que só os modelos SEM e SARAR não exibiram autocorrelação espacial nos resíduos, corrigindo a dependência espacial. Os efeitos marginais da estimação SARAR para as duas especificações são mostrados nas Tabelas 9 e 10. Além disso, por causa da heterocedasticidade, estimou-se os modelos via função *sphet*, que também considera a endogeneidade da variável dependente defasada espacialmente.

A Tabela 11 mostra os modelos considerando correção para heterocedasticidade. As estimações para o modelo 2 (Shannon-valor) estão na Tabela 12. Apesar de os modelos apresentarem autocorrelação espacial dos resíduos, eles servem para mostrar a robustez dos resultados encontrados.

Tabela 6. Teste *I* de Moran dos resíduos e testes de multiplicador de Lagrange do modelo de MQO.

Teste	Especificação 1 (Shannon-área)	p-valor	Especificação 2 (Shannon-valor)	p-valor
<i>I</i> de Moran (resíduos)	0,37	0,001	0,38	0,001
ML Erro	198,33	0,000	210,29	0,000
ML Desafagem	196,85	0,000	195,16	0,000
Robusto ML Erro	38,37	0,000	48,64	0,000
Robusto ML Desafagem	36,88	0,000	33,51	0,000

Tabela 7. Resultados das estimativas econométricas com o estimador de verossimilhança.

Modelo	SEM		SAR		SARAR	
	Coefficiente	Valor-P	Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p
Const.	-0,00	1,00	-4,15	0,00	-2,93	0,00
$\ln(A)$	0,13	0,05	0,04	0,37	0,10	0,10
$\ln(L)$	0,59	0,00	0,54	0,00	0,61	0,00
$\ln(K)$	0,42	0,00	0,38	0,00	0,43	0,00
$D - \text{área}$	-0,24	0,01	-0,38	0,00	-0,30	0,00
$D - \text{valor}$	-	-	-	-	-	-
S_{escol}	1,61	0,01	2,29	0,00	2,06	0,00
$\ln(S_{\text{idade65}})$	-0,68	0,00	-0,82	0,00	-0,74	0,00
S_{ori}	0,83	0,03	0,55	0,09	0,77	0,04
Norte	-0,14	0,64	0,06	0,73	-0,04	0,87
Nordeste	0,05	0,88	0,22	0,21	0,06	0,81
Sudeste	0,37	0,19	0,08	0,59	0,15	0,49
Sul	0,41	0,25	0,06	0,76	0,20	0,45
Rho	-	-	0,50	0,00	0,25	0,00
Lambda	0,77	0,00	-	-	0,55	0,00
BP teste	45,14	0,00	55,34	0,00	48,65	0,00
I de Moran	-0,01	0,63	0,09	0,00	-0,01	0,55
LR teste	203,29	0,00	177,64	0,00	208,90	0,00
AIC	1.261,78	-	1.287,43	-	1.258,17	-

Notas: erros padrão assintóticos; matriz de pesos espaciais rainha.

Novamente verifica-se que a relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas se mantiveram, agora considerando correção para heterocedasticidade, e que a variável dependente defasada espacialmente é endógena. Destaca-se que, mais uma vez, a diversificação exibiu relação negativa com a variável dependente.

As Tabelas 13 e 14 mostram os efeitos marginais para o modelo SARAR para as duas especificações⁷. Em ambas, todos os efeitos da diversificação possuem sinal negativo, ou seja, apontam para o fato de que existe uma relação negativa entre a diversificação agrícola e a pro-

dução agrícola em 2017 quando se analisa por microrregiões.

Destaca-se que, seguindo a interpretação de Almeida (2012), a significância estatística do λ sugere que a produção agrícola da microrregião vizinha é um determinante da produção agrícola, ou seja, há um efeito de transbordamento entre as regiões.

Assim, os resultados apresentados novamente estão ajustados com Kidane & Zegeye (2018) e Parré & Chagas (2022) e em oposição a Donfouet et al. (2017). Dessa forma, nota-se que o apontado por Parré & Chagas (2022) ou seja, que a especialização produz impacto sobre

⁷ Efeitos marginais calculados através da função *impacts* do pacote *Sphet*, considerando *listw* = rainha e valor-p supondo mil amostras aleatórias.

Tabela 8. Resultados das estimativas econométricas com o estimador de verossimilhança – Shannon-valor.

Modelo	SEM		SAR		SARAR	
	Coefficiente	Valor-P	Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p
Const.	0,44	0,58	-3,73	0,00	-2,31	0,02
$\ln(A)$	0,14	0,03	0,06	0,23	0,11	0,06
$\ln(L)$	0,58	0,00	0,55	0,00	0,61	0,00
$\ln(K)$	0,43	0,00	0,37	0,00	0,43	0,00
$D - \text{área}$	-	-	-	-	-	-
$D - \text{valor}$	-0,45	0,00	-0,48	0,00	-0,48	0,00
S_{escol}	1,44	0,02	2,08	0,00	1,80	0,00
$\ln(S_{\text{idade65}})$	-0,58	0,00	-0,67	0,00	-0,62	0,00
S_{ori}	0,72	0,05	0,59	0,06	0,70	0,05
Norte	-0,12	0,68	0,04	0,82	-0,04	0,89
Nordeste	0,03	0,93	0,23	0,19	0,08	0,75
Sudeste	0,35	0,20	0,07	0,64	0,18	0,43
Sul	0,44	0,19	0,08	0,65	0,25	0,34
Rho	-	-	0,49	0,00	0,23	0,00
Lambda	0,76	0,00	-	-	0,57	0,00
BP teste	46,92	0,00	62,96	0,00	52,61	0,00
I de Moran	-0,00	0,55	0,11	0,00	-0,00	0,49
LR teste	207,77	0,00	175,58	0,00	214,15	0,00
AIC	1.228,15	-	1.260,33	-	1.223,76	-

Notas: erros padrão assintóticos; matriz de pesos espaciais rainha.

Tabela 9. Cálculo dos impactos diretos, indiretos e totais do modelo SARAR via máxima verossimilhança – Shannon-área.

	Impacto direto	Valor P simulado	Impacto indireto	Valor P simulado	Impacto total	Valor P simulado
$\ln(A)$	0,10	0,10	0,03	0,17	0,14	0,11
$\ln(L)$	0,62	0,00	0,19	0,01	0,81	0,00
$\ln(K)$	0,43	0,00	0,13	0,00	0,56	0,00
$D - \text{área}$	-0,31	0,00	-0,10	0,03	-0,40	0,00
S_{escol}	2,09	0,00	0,65	0,02	2,74	0,00
$\ln(S_{\text{idade65}})$	-0,75	0,00	-0,23	0,03	-0,98	0,00
S_{ori}	0,78	0,04	0,24	0,11	1,02	0,05
Norte	-0,04	0,86	-0,01	0,91	-0,06	0,87
Nordeste	0,06	0,81	0,02	0,77	0,08	0,80
Sudeste	0,16	0,47	0,05	0,50	0,21	0,47
Sul	0,21	0,44	0,06	0,50	0,27	0,45

Tabela 10. Cálculo dos impactos diretos, indiretos e totais do modelo SARAR máxima verossimilhança – Shannon-valor.

	Impacto direto	Valor P simulado	Impacto indireto	Valor P simulado	Impacto total	Valor P simulado
$\ln(A)$	0,11	0,06	0,03	0,10	0,15	0,06
$\ln(L)$	0,61	0,00	0,17	0,01	0,79	0,00
$\ln(K)$	0,44	0,00	0,12	0,00	0,56	0,00
$D - valor$	-0,49	0,00	-0,14	0,00	-0,63	0,00
S_{escol}	1,82	0,00	0,51	0,04	2,33	0,00
$\ln(S_{idade65})$	-0,63	0,00	-0,18	0,03	-0,80	0,00
S_{ori}	0,70	0,05	0,20	0,12	0,90	0,06
Norte	-0,04	0,88	-0,01	0,92	-0,05	0,89
Nordeste	0,08	0,74	0,02	0,70	0,10	0,73
Sudeste	0,18	0,43	0,05	0,46	0,23	0,43
Sul	0,26	0,37	0,07	0,40	0,33	0,37

Tabela 11. Resultados das estimativas econométricas com correção de heterocedasticidade ($sphet$) – Shannon-área.

Modelo	SEM		SAR		SARAR	
	Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p
Const.	-0,05	0,96	-3,44	0,00	-3,56	0,00
$\ln(A)$	0,13	0,15	0,06	0,31	0,08	0,33
$\ln(L)$	0,58	0,00	0,56	0,00	0,60	0,00
$\ln(K)$	0,45	0,00	0,42	0,00	0,42	0,00
$D - área$	-0,31	0,00	-0,45	0,00	-0,35	0,00
$D - valor$	-	-	-	-	-	-
S_{escol}	2,07	0,01	2,73	0,00	2,34	0,00
$\ln(S_{idade65})$	-0,73	0,00	-0,86	0,00	-0,79	0,00
S_{ori}	0,79	0,09	0,54	0,14	0,68	0,12
Norte	-0,23	0,49	-0,01	0,95	-0,01	0,99
Nordeste	-0,21	0,60	0,12	0,57	0,10	0,73
Sudeste	0,07	0,85	-0,00	1,00	0,07	0,78
Sul	0,32	0,37	0,12	0,54	0,13	0,65
Lambda	-	-	0,37	0,00	0,33	0,00
Rho	0,73	0,00	-	-	0,44	0,00
I de Moran	0,48	0,00	0,17	0,00	0,22	0,00

Tabela 12. Resultados das estimativas econométricas com correção de heterocedasticidade (*sphet*) – Shannon-valor.

Modelo	SEM		SAR		SARAR	
	Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p
Const.	0,41	0,67	-3,01	0,00	-2,98	0,01
$\ln(A)$	0,14	0,11	0,08	0,19	0,09	0,23
$\ln(L)$	0,57	0,00	0,57	0,00	0,60	0,00
$\ln(K)$	0,46	0,00	0,40	0,00	0,42	0,00
$D - \text{área}$	-	-	-	-	-	-
$D - \text{valor}$	-0,49	0,00	-0,54	0,00	-0,50	0,00
S_{escol}	1,75	0,02	2,50	0,00	2,06	0,00
$\ln(S_{\text{idade65}})$	-0,61	0,01	-0,69	0,00	-0,65	0,01
S_{ori}	0,70	0,11	0,60	0,09	0,66	0,12
Norte	-0,20	0,54	-0,04	0,84	-0,01	0,96
Nordeste	-0,16	0,69	0,13	0,53	0,11	0,71
Sudeste	0,13	0,71	-0,01	0,93	0,09	0,73
Sul	0,38	0,27	0,14	0,45	0,17	0,52
Lambda	-	-	0,36	0,00	0,31	0,00
Rho	0,73	0,00	-	-	0,47	0,00
I de Moran	0,49	0,00	0,19	0,00	0,24	0,00

Tabela 13. Cálculo dos impactos diretos, indiretos e totais do modelo SARAR (*sphet*) – Shannon-área.

	Impacto direto	Valor-p simulado	Impacto indireto	Valor-p simulado	Impacto total	Valor-p simulado
$\ln(A)$	0,08	0,35	0,04	0,38	0,12	0,35
$\ln(L)$	0,62	0,00	0,29	0,00	0,90	0,00
$\ln(K)$	0,43	0,00	0,20	0,00	0,63	0,00
$D - \text{área}$	-0,36	0,00	-0,17	0,00	-0,53	0,00
S_{escol}	2,39	0,00	1,12	0,00	3,51	0,00
$\ln(S_{\text{idade65}})$	-0,80	0,00	-0,37	0,01	-1,18	0,00
S_{ori}	0,70	0,15	0,33	0,20	1,02	0,16
Norte	-0,01	0,97	-0,00	0,99	-0,01	0,98
Nordeste	0,10	0,72	0,05	0,69	0,15	0,71
Sudeste	0,07	0,75	0,03	0,74	0,11	0,75
Sul	0,13	0,62	0,06	0,64	0,19	0,63

Tabela 14. Cálculo dos impactos diretos, indiretos e totais do modelo SARAR – (*sphet*) – Shannon-valor.

	Impacto direto	Valor-p simulado	Impacto indireto	Valor-p simulado	Impacto total	Valor-p simulado
$\ln(A)$	0,09	0,25	0,04	0,30	0,13	0,26
$\ln(L)$	0,61	0,00	0,26	0,00	0,87	0,00
$\ln(K)$	0,43	0,00	0,18	0,00	0,62	0,00
$D - valor$	-0,51	0,00	-0,22	0,00	-0,73	0,00
S_{escol}	2,10	0,00	0,89	0,01	2,99	0,00
$\ln(S_{idade65})$	-0,66	0,00	-0,28	0,02	-0,94	0,00
S_{ori}	0,67	0,12	0,28	0,19	0,96	0,13
Norte	-0,01	0,99	-0,01	0,96	-0,02	0,99
Nordeste	0,12	0,69	0,05	0,66	0,16	0,68
Sudeste	0,09	0,72	0,04	0,70	0,13	0,71
Sul	0,18	0,51	0,07	0,53	0,25	0,51

a produção agrícola, ocorre no ano analisado ao nível de microrregiões.

Porém, destaca-se que a diversificação recua ao longo do tempo, o que pode contribuir para a queda da resiliência econômica do ambiente (Piedra-Bonilla et al., 2020; Parré & Chagas, 2022). Logo, o resultado pode se modificar se os preços das commodities sofrerem volatilidade (Parré & Chagas, 2022), algo que ainda deve ser verificado em estudos futuros, ou seja, em outros anos de estudo.

Além disso, como este estudo analisou todas as microrregiões do Brasil, há a possibilidade de que em regiões específicas, ou considerando-se interações com baixa pluviosidade, os resultados sejam diferentes, já que a diversificação agrícola ganha maior importância diante de estresses no agroecossistema ou quando se verifica restrição de fatores físicos. (Di Falco & Chavas, 2008; Donfouet et al., 2017).

O resultado pode depender até mesmo da variável dependente utilizada – se a produção ou a produtividade da terra. Foi verificado efeito positivo da diversificação neste último caso em Caldeira (2019), em região específica dos municípios do Cerrado.

Apesar das limitações apresentadas, nota-se a relação inversa entre as variáveis, um resultado importante para políticas públicas, que, além de mostrar que a especialização apresentou uma estratégia de maior sucesso para a produção agrícola em 2017, alerta para o acompanhamento da diversificação ao longo do tempo e para como tal relação pode se modificar, por exemplo, diante de mudanças climáticas e da volatilidade dos mercados agrícolas.

Conclusões

O objetivo deste estudo foi verificar como no Brasil a diversificação de culturas agrícolas se relacionou com a produção agrícola em 2017. Para tal, construiu-se o indicador denominado índice de Shannon e utilizou-se do ferramental da econometria e econometria espacial.

Primeiramente, estimou-se a função de produção agrícola via MQO e, posteriormente, via estimadores espaciais, de máxima verossimilhança e que levam em consideração a heterocedasticidade e a endogeneidade da variável defasada espacialmente. De acordo com os resultados, a diversificação agrícola se relacionou

negativamente com a produção quando se consideram as microrregiões brasileiras para 2017.

Esta análise pode servir de direcionamento para políticas públicas para o aumento da produção agrícola, bem como levantar a necessidade de acompanhamento do nível de diversificação e de outros estudos, para entender a relação entre tais variáveis e realidades específicas, como regiões de baixa pluviosidade ou diante de diferentes preços de commodities.

Referências

- ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas: Alínea, 2012.
- ANSELIN, L. Spatial econometrics. In: BALTAGI, B.H. (Ed.). **A companion to theoretical econometrics**. Malden: Blackwell, 2003. p.310-330. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470996249.ch15>.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P.R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agrônomicas**, n.138, 2012.
- BIVAND, R.; PIRAS, G. Comparing implementations of estimation methods for spatial econometrics. **Journal of Statistical Software**, v.63, p.1-36, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v063.i18>.
- CALDEIRA, C. **Diversificação agropecuária e desenvolvimento rural nos municípios do bioma cerrado**. 2019. 199p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- CHAVAS, J.-P.; DI FALCO, S. On the productive value of crop biodiversity: evidence from the highlands of Ethiopia. **Land Economics**, v.88, p.58-74, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3368/le.88.1.58>.
- COELLI, T.; FLEMING, E. Diversification economies and specialisation efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea. **Agricultural Economics**, v.31, p.229-239, 2004.
- CULAS, R.; MAHENDRARAJAH, M. Causes of diversification in agriculture over time: evidence from Norwegian farming sector. In: CONGRESS OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 11., 2005, Copenhagen. **Proceedings**. Copenhagen: EAAE, 2005.
- DARMOFAL, D. **Spatial econometrics and political science**. Columbia: University of South Carolina, 2006. (Society for Political Methodology Working Paper Archive).
- DI FALCO, S.; BEZABIH, M.; YESUF, M. Seeds for livelihood: crop biodiversity and food production in Ethiopia. **Ecological Economics**, v.69, p.1695-1702, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.024>.
- DI FALCO, S.; CHAVAS, J.-P. On crop biodiversity, risk exposure, and food security in the highlands of Ethiopia. **American Journal of Agricultural Economics**, v.91, p.599-611, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2009.01265.x>.
- DI FALCO, S.; CHAVAS, J.-P. Rainfall shocks, resilience, and the effects of crop biodiversity on agroecosystem productivity. **Land Economics**, v.84, p.83-96, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3368/le.84.1.83>.
- DI FALCO, S.; ZOUPANIDOU, E. Soil fertility, crop biodiversity, and farmers' revenues: evidence from Italy. **Ambio**, v.46, p.162-172, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0812-7>.
- DONFOUET, H.P.P.; BARCZAK, A.; DÉTANG-DESSENDRE, C.; MAIGNÉ, E. Crop production and crop diversity in France: a spatial analysis. **Ecological Economics**, v.134, p.29-39, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.11.016>.
- DUTRA, I.J.B.; MARTINS, M.C.; PARRÉ, J.L. A produção da agricultura familiar e os efeitos dos programas de incentivo. **Revista de Política Agrícola**, v.30, p.94-106, 2021.
- GILLER, K.E.; BEARE, M.H.; LAVELLE, P.; IZAC, A.-M.N.; SWIFT, M.J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, v.6, p.3-16, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00149-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00149-7).
- GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 7th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017/resultados-definitivos>>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro, 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. [2017]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- IOOTY, M.; SZAPIRO, M. Economias de Escala e Escopo. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org). **Economia Industrial**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p.25-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-85-352-6368-8.00003-7>.

- KIDANE, M.S.; ZEGEYE, E.W. Crop diversification and productivity in semiarid and sub-humid maize-legume production systems of Ethiopia. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v.42, p.1106-1127, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1505679>.
- LESAGE, J.P.; PACE, R.K. **Introduction to spatial econometrics**. Boca Raton: CRC Press, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420064254>.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>.
- MARTINELLI, G. do C.; SCHLINDWEIN, M.E.; PADOVAN, M.P.; GIMENES, R.M.T. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, v.80, p.274-286, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.019>.
- MORAES, A. de; CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.B.C.; COSTA, S.E.V.G. de A.; KUNRATH, T.R. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.4-9, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>.
- MORAN, P.A.P. **The interpretation of statistical maps**. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v.10, p.243-251, 1948. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1948.tb00012.x>.
- PARRÉ, J.L.; CHAGAS, A.L.S. Determinants of agricultural diversification in Brazil: a spatial econometric analysis. **Letters in Spatial and Resource Sciences**, v.15, p.173-195, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12076-021-00295-0>.
- PIEDRA-BONILLA, E.B.; BRAGA, C.A.S.; BRAGA, M.J. Diversificação agropecuária no Brasil: conceitos e aplicações em nível municipal. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.18, p.1-28, 2020. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v18i1.9501>.
- PIEDRA-BONILLA, E.B.; CUNHA, D.A. da; BRAGA, M.J. Diversificação agrícola na bacia hidrográfica do Rio das Contas, Bahia. **Geosul**, v.34, p.280-306, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p280>.
- RAHMAN, S. Whether crop diversification is a desired strategy for agricultural growth in Bangladesh? **Food Policy**, v.34, p.340-349, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2009.02.004>.
- RAIHER, A.P.; OLIVEIRA, R.A. de; CARMO, A.S.S. do; STEGE, A.L. Convergência da Produtividade Agropecuária do Sul do Brasil: uma análise espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.54, p.517-536, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540307>.
- REIS, E.M.; CASA, R.T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, v.37, p.85-91, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000300001>.
- SAMBUICHI, R.H.R.; GALINDO, E.P.; PEREIRA, R.M.; CONSTANTINO, M.; RABETTI, M. dos S. **Diversidade da produção nos estabelecimentos da agricultura familiar no Brasil: uma análise econométrica baseada no cadastro da Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)**. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. (Ipea. Texto para discussão, 2202).

Pegada hídrica da produção de cana-de-açúcar no Paraná de 2010 a 2020¹

Pedro Sbaraini Cordeiro²
Simone Moro Manini³
Pery Francisco Assis Shikida⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi estimar as pegadas hídricas verde, azul e cinza da cana-de-açúcar, nas principais mesorregiões produtoras do Paraná, de 2010 a 2020. A metodologia utilizada foi proposta por Hoekstra et al. (2011), com adaptações necessárias para a realidade local. A mesorregião Noroeste Paranaense exibiu os maiores valores para a pegada verde (179,05 m³ Mg⁻¹, em 2010, e 200,26 m³ Mg⁻¹, em 2020). Norte Central e Noroeste Paranaense foram as mesorregiões com os maiores valores médios de pegada azul (47,43 m³ Mg⁻¹ e 46,66 m³ Mg⁻¹, respectivamente). O Noroeste Paranaense apresentou também a maior pegada hídrica cinza, com 12,33 m³ Mg⁻¹, em 2010, e 13,79 m³ Mg⁻¹, em 2020. A mesorregião de maior pegada hídrica média no período foi o Noroeste Paranaense, com 249,3 m³ Mg⁻¹, e a menor pegada média foi a do Norte Pioneiro Paranaense, com 179,35 m³ Mg⁻¹. A média da pegada hídrica total da produção de cana-de-açúcar das mesorregiões paranaenses foi de 206,63 m³ Mg⁻¹.

Palavras-chave: agronegócio, água, cultura canavieira.

Water footprint of sugarcane production from 2010 to 2020 in Paraná state, Brazil

Abstract – The objective of this work was to estimate green, blue, and gray water footprints of sugarcane in the main producing mesoregions of Paraná state, from 2010 to 2020. The methodology used was proposed by Hoekstra et al. (2011), with necessary adaptations for the local reality. The mesoregion Noroeste Paranaense showed the highest values for green footprint (179.05 m³ Mg⁻¹, in 2010, and 200.26 m³ Mg⁻¹, in 2020). Norte Central e Noroeste Paranaense showed the highest average values for blue footprint (47,43 e 46,66 m³ Mg⁻¹, respectively). Norte Paranaense also showed the highest gray water footprint, with 12.33 m³ Mg⁻¹, in 2010, and 13.79 m³ Mg⁻¹, in 2020. In the period, Noroeste Paranaense showed the highest average water footprint (249.37 m³ Mg⁻¹),

¹ Original recebido em 10/3/2022 e aprovado em 15/12/2022.

² Mestrando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio. E-mail: pedro.sbarainicordeiro@gmail.com

³ Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, administradora no Instituto Federal do Paraná (IFPR). E-mail: simone.manini@hotmail.com

⁴ Pós-doutor em Economia, professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio (PGDRA/Unioeste). E-mail: peryshikida@hotmail.com

and Norte Pioneiro Paranaense showed the smallest average footprint (179.35 m³ Mg⁻¹). The average total water footprint of sugarcane production in the mesoregions of Paraná was 206.63 m³ Mg⁻¹.

Keywords: agribusiness, water, sugarcane culture.

Introdução

A agricultura é a atividade econômica que consome o maior volume de água do planeta, alcançando mais de 70% (FAO, 2020), e por causa da crescente demanda por alimentos, essa atividade exerce pressão sobre os recursos hídricos. Porém, “água limpa e doce é um bem escasso e, portanto, deve ser tratada economicamente” (Hoekstra & Hung, 2002, p.9, tradução nossa).

O volume de água utilizado e/ou poluído no processo produtivo de determinado bem pode ser estimado por meio da pegada hídrica. Entretanto, a pegada hídrica varia entre as diferentes culturas e por região de produção (Mekonnen & Hoekstra, 2010). Por isso, essa informação contribui para a melhor gestão dos recursos hídricos de um país ou região, para a definição de melhores estratégias de produção e para a formulação de políticas voltadas para a escassez de água.

O Brasil possui vantagens quanto à disponibilidade desse recurso, pois detém 12% da água doce do mundo, mas, em razão de sua grande dimensão, os recursos hídricos são desigualmente distribuídos em nosso território (OECD, 2015). O País ocupa também posição de destaque na produção e exportação mundial de commodities agrícolas e, portanto, deve-se mensurar os recursos naturais empregados na produção, entre eles a água incorporada aos produtos comercializados.

Uma das principais culturas agrícolas do Brasil é a cana-de-açúcar, que dá origem a dois importantes produtos para a economia: etanol e açúcar. O complexo sucroalcooleiro representou 9,9% das exportações totais do agronegócio em 2020. Na safra 2019/2020, o País se manteve como o maior exportador de açúcar, com participação de 36,2%, além de alcançar a maior produção mundial, com 18,1% do total (Kreter et al., 2021). No Paraná, um dos cinco maiores

produtores brasileiros, a produção se concentra nas mesorregiões Noroeste, Norte Central, Norte Pioneiro e Centro Ocidental Paranaense (IBGE, 2021).

Quanto à demanda hídrica no Paraná, 42% da água é destinada para o abastecimento público, 24% para uso industrial, 21% para a agricultura e 13% é demandada pela pecuária (Ipardes, 2017). Desde 2020, a região vem sofrendo com estiagens, o que levou o governo do estado a decretar situação emergencial, com medidas para minimizar os impactos da falta de chuvas e garantir condições mínimas de abastecimento (Paraná, 2021).

O objetivo deste estudo foi mensurar as pegadas hídricas azul, verde e cinza da produção de cana-de-açúcar das principais mesorregiões produtoras do Paraná, de 2010 a 2020, para contribuir para a discussão sobre o uso de recursos hídricos pelo agronegócio do estado.

Revisão de literatura

Pegada hídrica e água virtual

De acordo com Hoekstra et al. (2011, p.46, tradução nossa), a pegada hídrica (PH) de determinado produto refere-se ao

[...] volume total de água doce que é utilizado direta ou indiretamente em seu processo produtivo. Sua estimativa é feita com base no consumo e na poluição da água, em todas as etapas da cadeia produtiva.

Ela é obtida pelo cálculo das pegadas azul, verde e cinza (Hoekstra et al., 2011):

- Pegada hídrica azul (PH azul) – corresponde à água doce superficial (rios, lagos) e/ou subterrânea consumida no processo de produção de um bem ou

serviço que não retorna para a bacia de onde foi retirada.

- Pegada hídrica verde (PH verde) – água proveniente da chuva que é armazenada ou permanece temporariamente no solo, na superfície ou na vegetação.
- Pegada hídrica cinza (PH cinza) – volume de água limpa necessário para diluir a água poluída resultante do processo produtivo, de forma que a qualidade da água permaneça acima dos padrões definidos.

Outro conceito relacionado com a pegada hídrica é o da água virtual. A discussão sobre água virtual começou em meados da década de 1980, quando o economista israelense Fishelson, usando o termo *embedded water*, observou que não era sensato exportar produtos com uso intensivo de água, pelo fato de haver escassez hídrica em Israel (Allan, 2003). Na década de 1990, Allan (1993) propôs a importação de água virtual, através de alimentos, como uma solução parcial para problemas de escassez no Oriente Médio. O autor definiu água virtual como a quantidade de água necessária para a produção de commodities agrícolas e acrescentou que o termo também pode ser expandido para produtos não agrícolas (Allan, 2003).

Quando um país exporta produtos com uso intensivo de água para outros países, ele a exporta na forma virtual. Por isso, para aqueles países com escassez de água, pode ser viável importar produtos com alto consumo hídrico em vez de produzi-los no mercado interno. Já os países ricos em água poderiam lucrar com sua abundância (Hoekstra & Hung, 2002). Para Renault (2002), o comércio virtual de água não apenas gera economia de recursos hídricos para os países importadores, mas, por causa do diferencial de produtividade, gera também economia global desse recurso.

Para diferenciar os termos, Hoekstra et al. (2011) explicam que a pegada hídrica está relacionada ao tipo da água utilizada no processo produtivo, bem como quando e onde, enquanto o termo água virtual considera o total desse re-

curso embutido em um produto. Dessa forma, quando se trata da exportação ou importação de água no contexto internacional, o termo água virtual é mais indicado.

Gelain & Istake (2015) estimaram o volume da exportação líquida de água virtual pelo Brasil e por estado em 1997, 2003, 2008 e 2013. Em todos os anos analisados, o País pode ser classificado como exportador líquido de água virtual. O Paraná se destacou entre os estados exportadores líquidos de água, juntamente com Mato Grosso, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Goiás.

Com base no modelo de insumo-produto ecológico, Montoya (2020) avaliou a pegada hídrica nacional e a balança comercial de água virtual no Brasil para 2015. O resultado foi que a pegada hídrica do País correspondeu a 22.012 hm³/ano de água virtual, equivalente ao consumo per capita de 107,66 m³/ano. Os setores da agropecuária e da agroindústria foram os que incorporaram o maior volume de água por unidade produzida. A balança comercial brasileira exibiu saldo exportador líquido de 8.542 hm³/ano de água virtual em 2015. Assim, percebe-se que o agronegócio nacional contribuiu significativamente, com recursos hídricos, para o bem-estar da população mundial. Nesse sentido, o autor defende a criação de um mercado formal de água virtual.

Silva et al. (2016) investigaram a pegada hídrica do consumo nacional de alimentos no Brasil. Analisaram também os fluxos de água virtual associados ao comércio internacional das principais commodities agrícolas, bem como a escassez desse produto, a autossuficiência e a dependência hídricas por região brasileira, de 1997 a 2012. Os resultados mostraram que a pegada hídrica média do consumo alimentar brasileiro é de 1.619 m³/pessoa/ano, e a carne bovina é a que mais contribuiu (21%) para o volume. Os autores encontraram uma exportação líquida de água virtual de 54,8 bilhões de m³/ano, principalmente para a Europa, que recebe 41% do valor bruto da água virtual exportada pelo Brasil.

Zangiski & Carvalho (2021) buscaram compreender o comércio de água virtual entre o Paraná e as principais regiões com as quais o estado negocia: São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e resto do Brasil. Além disso, investigaram se o Paraná se comporta como importador ou exportador regional líquido de água. Com o uso de um modelo de insumo-produto inter-regional, os resultados obtidos foram: no setor agropecuário e no comércio com São Paulo, o Paraná é exportador líquido de água virtual, mas no setor de indústria da transformação e construção e no comércio com o resto do Brasil, o estado é importador líquido. Quando considerados todos os setores e regiões do Brasil, o Paraná é exportador líquido de água virtual. Esse resultado é explicado pela importância da agropecuária para a economia paranaense, pelo alto consumo de água por esse setor e pelo volume de exportação de seus produtos para o Estado de São Paulo.

Santiago et al. (2017) quantificaram a pegada hídrica na produção de colmos e etanol de cana-de-açúcar, em sistemas de cultivos com e sem irrigação, utilizados na Usina Coruripe em Alagoas. Os autores concluíram que, entre os sistemas irrigados, o gotejamento subsuperficial, embora tenha utilizado o maior volume de água azul, foi o que apresentou as menores pegadas hídricas para a produção de colmo (128 L kg^{-1}) e etanol (1.409 L L^{-1}). O sistema de sequeiro, apesar de exibir os menores valores de pegada hídrica – colmo, 116 L kg^{-1} e etanol, 1.303 L L^{-1} –, foi o de menor produtividade.

A cana-de-açúcar, bem como a beterraba e o milho, além de serem culturas alimentares essenciais, são também matérias-primas para o bioetanol. Uma demanda crescente por alimentos e culturas energéticas resulta numa competição cada vez maior por água, o que tem levado os pesquisadores a se preocuparem com a alocação desse recurso na agricultura. A produção em larga escala de bioenergia poderá exigir o uso de água que poderia ser destinada à produção de alimentos (Gerbens-Leenes & Hoekstra, 2012).

Munoz Castillo et al. (2017) analisaram no âmbito estadual os fluxos de água virtual e da

pegada hídrica associada à produção e ao consumo do etanol de cana-de-açúcar no Brasil. Os resultados mostraram que o etanol responde por menos de um terço da pegada hídrica total da cana-de-açúcar – a produção de açúcar e outros alimentos processados respondem pela maior parte da pegada hídrica. Os autores constataram que, estados mais ricos, como São Paulo, se beneficiaram com a exportação de etanol ou produtos que usam essa commodity no processo produtivo, ao mesmo tempo que afetaram a disponibilidade de água em outros estados através da importação da água escassa destes.

Mekonnen et al. (2018) avaliaram as pegadas hídrica, energética e de carbono do bioetanol do milho nos EUA e da cana-de-açúcar no Brasil. Os resultados indicaram que o bioetanol de milho dos EUA tem uma pegada hídrica menor ($541 \text{ L de água/L de bioetanol}$) do que o bioetanol brasileiro de cana-de-açúcar ($1.115 \text{ L de água/L de bioetanol}$). O bioetanol brasileiro tem melhor balanço energético ($17,7 \text{ MJ/L de bioetanol}$) e menor pegada de carbono ($38,5 \text{ g CO}_2\text{e/MJ}$) do que o bioetanol dos EUA, com $11,2 \text{ MJ/L}$ e $44,9 \text{ g CO}_2\text{e/MJ}$, respectivamente. As diferenças regionais nas três pegadas destacam a

[...] necessidade de levar essas diferenças em consideração para entender as implicações da produção de biocombustíveis para os recursos hídricos locais, produção líquida de energia e mitigação das mudanças climáticas (Mekonnen et al., 2018, p.14.508, tradução nossa).

Produção de cana-de-açúcar no Paraná

O Paraná não ocupava posição expressiva na produção de cana-de-açúcar no contexto nacional. Tal condição começou a ser revertida depois da crise da economia cafeeira, no norte do estado, e por causa das condições edafoclimáticas favoráveis. Além disso, a proximidade com o Estado de São Paulo, principal produtor canavieiro, e os incentivos estatais na segunda fase do Programa Nacional do Álcool (Proálcool)

contribuíram para a expansão da cultura em solo paranaense (Kaefer & Shikida, 2000).

Atualmente, o estado é o quinto produtor nacional de cana-de-açúcar, atrás de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Na safra 2020/2021, sua produção foi de, aproximadamente, 34,8 mil toneladas, o que equivale a 5,7% da produção do Centro-Sul e 5,3% da produção nacional (Unica, 2021). A Figura 1 mostra a evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil no Centro-Sul e no Paraná de 2010/2011 a 2020/2021.

O Paraná é o terceiro maior produtor nacional de açúcar. Na safra 2020/2021, foram produzidas 2,6 mil toneladas, que corresponderam a 6,9% e 6,4% da produção do Centro-Sul e nacional, respectivamente. Na produção de etanol total (anidro e hidratado), o estado ocupa o sexto lugar, com produção de 1.261 mil m³ na mesma safra (Unica, 2021). As Figuras 2 e 3 mostram a produção de açúcar e de etanol no Brasil, no Centro-Sul e no Paraná de 2011/2012 a 2020/2021.

Em 2020, a área plantada com cana no Paraná foi de 572.188 hectares, o que significa 5,71% do total da área plantada com essa cultura no Brasil (10.026.114 hectares). Em relação às

lavouras temporárias do estado (10.741.346 hectares), a cana-de-açúcar correspondeu a 5,33% da área total (IBGE, 2021).

Quatro mesorregiões do Paraná foram responsáveis por 99,12% da área plantada: Noroeste Paranaense, 56,41%; Norte Central Paranaense, 26,76%; Norte Pioneiro Paranaense, 12,75%; e Centro Ocidental Paranaense, 3,2% (IBGE, 2021).

Nas exportações paranaenses, em 2020 o complexo sucroalcooleiro alcançou o valor de US\$ 853,6 milhões, ou seja, 6,42% das exportações totais do agronegócio no estado. Os principais destinos foram Iraque (20,14%), Argélia (16,23%) e Malásia (7,49%). Em relação ao total exportado pelo País no mesmo ano, o Paraná foi responsável por 8,58% do valor das exportações desse complexo, ficando em terceiro no ranking dos estados, atrás apenas de São Paulo e Minas Gerais (Agrostat, 2021).

Os condicionantes e realidades técnicas do complexo sucroalcooleiro paranaense podem ser encontrados em Graef et al. (2016), Galafassi, et al. (2020), Goebel et al. (2020), Clein (2021) e Pereira (2021).

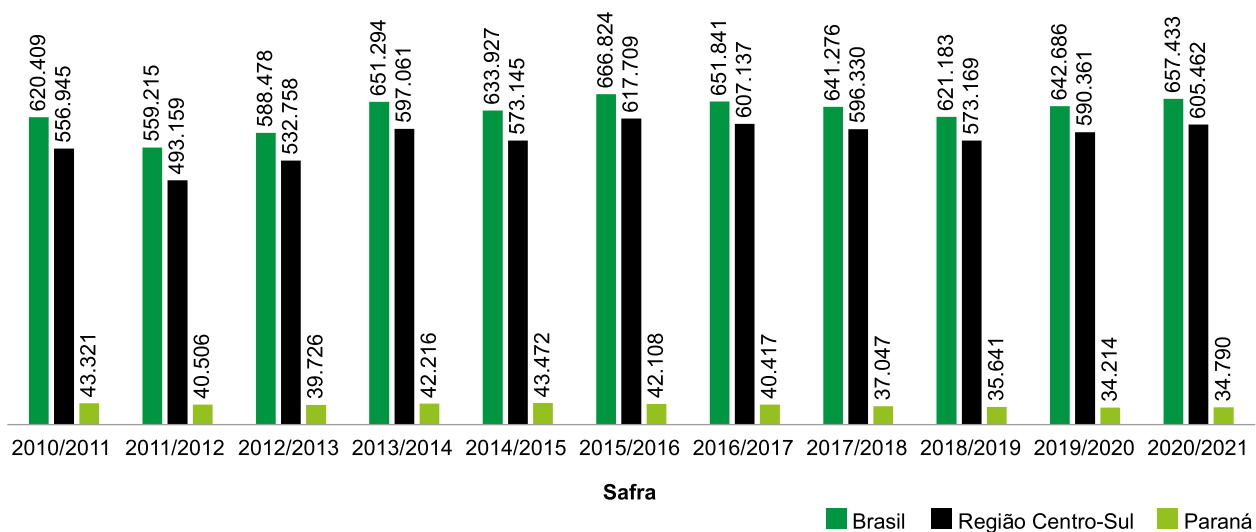


Figura 1. Produção de cana-de-açúcar (t mil) no Brasil, no Centro-Sul e no Paraná de 2010/2011 a 2020/2021.

Fonte: Unica (2021).

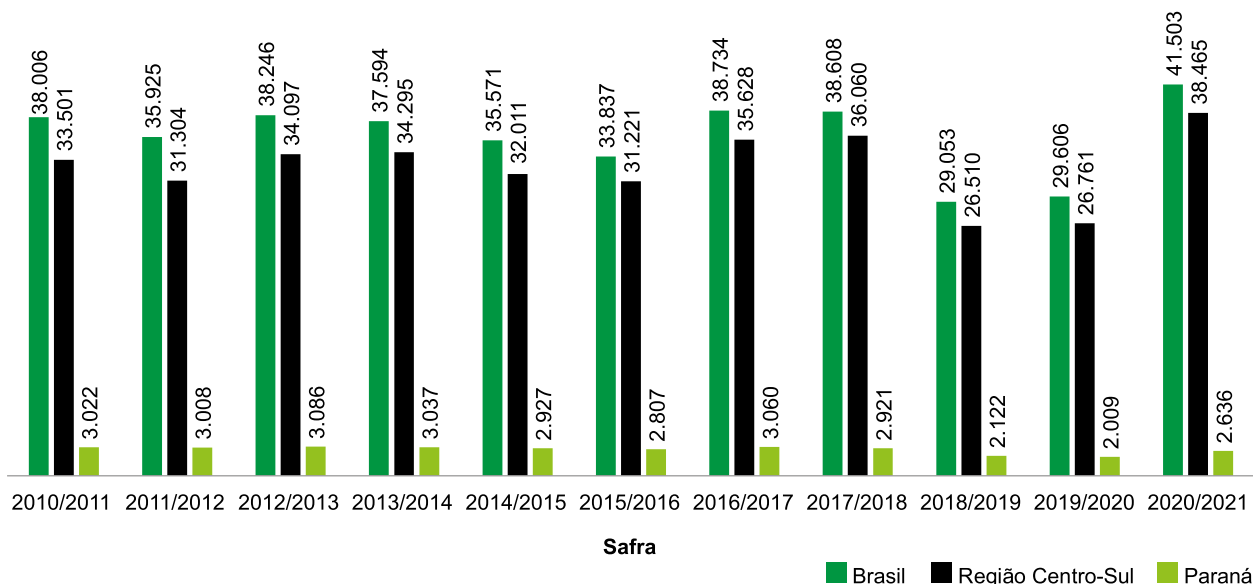


Figura 2. Produção de açúcar (t mil) no Brasil, no Centro-Sul e no Paraná de 2010/2011 a 2020/2021.

Fonte: Unica (2021).

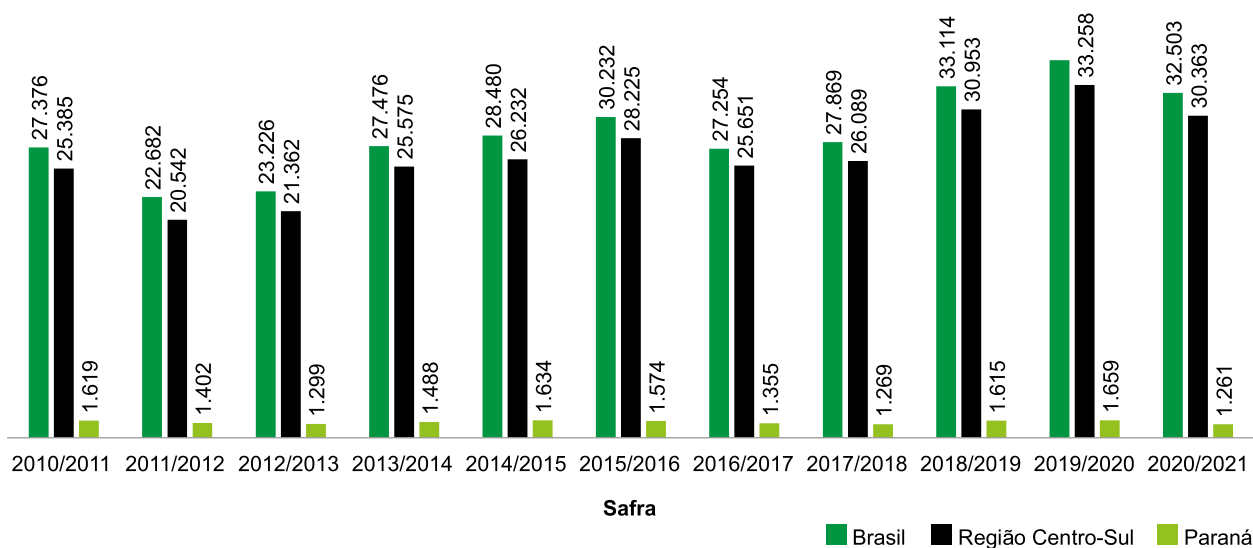


Figura 3. Produção de etanol total (m³ mil) no Brasil, no Centro-Sul e no Paraná de 2010/2011 a 2020/2021.

Fonte: Unica (2021).

Metodologia

Área de estudo e fonte de dados

Esta pesquisa foi desenvolvida nas quatro mesorregiões que mais produzem cana-de-açúcar no Paraná: Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Centro Ocidental

Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense. Essas mesorregiões abrangem 211 municípios, que representam, aproximadamente, 53% do total de municípios do estado. A Figura 4 mostra a produção média de cana-de-açúcar paranaense entre 2010 e 2020. Os dados foram obtidos da Produção Agrícola Municipal (PAM), disponibilizada pelo IBGE (2021).



Produção média de cana-de-açúcar (2010–2020) [10] (t)

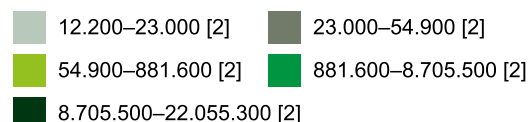


Figura 4. Produção média de cana-de-açúcar do Paraná entre 2010 e 2020.

Fonte: elaborado com base nos dados de IBGE (2021).

Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa tem caráter empírico e exploratório e empregou o método de cálculo da pegada hídrica por cultura proposto por Hoekstra et al. (2011), adaptado para a realidade local. Segundo os autores, a pegada hídrica total da cultura é a soma das pegadas hídricas verde, azul e cinza:

$$PH_{cultura} = PH_{cultura,verde} + PH_{cultura,azul} + PH_{cultura,cinza} \text{ [Volume/massa]}$$

O primeiro passo foi o cálculo das pegadas verde e azul da cana-de-açúcar para 2010–2020. A pegada verde representa a quantidade de água consumida pela cultura proveniente das precipitações. Já a pegada azul reflete a quantidade de água superficial/subterrânea utilizada no cultivo (Hoekstra et al., 2011). A pegada hídrica cinza, conforme a Water Footprint Network (2021), é considerada a quantidade de água necessária para assimilar os poluentes de modo a atender aos padrões de qualidade hídrica. Os poluentes, de acordo com Hoekstra et al. (2011), são os fertilizantes, pesticidas e inseticidas empre-

gados no cultivo da cultura em questão, sendo considerados para o cálculo apenas os fluxos de resíduos que vão para os corpos d'água, o que representa uma fração da taxa total de aplicação de fertilizantes no campo. A Tabela 1 mostra as equações utilizadas nos cálculos.

O modelo CROPWAT 8.0 é um software livre desenvolvido pela FAO e foi utilizado neste estudo para obter os dados da evapotranspiração verde e azul da cana-de-açúcar. O programa usa dados obtidos das estações meteorológicas para a estimação da evapotranspiração. Nesta pesquisa, os cálculos foram feitos com os dados climáticos das estações mais próximas de cada mesorregião, considerando a latitude, a longitude e a altitude em que se encontram. Os dados foram obtidos por meio de outro software da FAO, o CLIMWAT 2.0 for CROPWAT. A obtenção do programa e sua utilização são descritas no manual de Hoekstra et al. (2011).

Estimados os dados sobre a evapotranspiração verde e azul, seguindo as equações anteriormente descritas, foi possível calcular os usos da água verde e azul pela cultura canavieira. Depois disso, foi calculada, de fato, as pegadas hídricas verde e azul da cultura.

Resultados e discussão

Esta seção traz os resultados obtidos para as pegadas hídricas verde, azul e cinza da produção de cana-de-açúcar nas quatro maiores mesorregiões produtoras do Paraná em 2010–2020.

Primeiramente, foi calculado o uso de água verde e azul pela cultura (UAC), com os dados provenientes do modelo CROPWAT (Tabela 2).

Depois do cálculo do UAC verde e azul, foram estimadas as pegadas hídricas verde, azul e cinza da produção de cana de cada mesorregião estudada (Figura 5).

Quanto à pegada hídrica verde, o Noroeste Paranaense foi a mesorregião que exibiu os maiores valores, 179,05 m³/t em 2010 e 200,26 m³/t em 2020, com crescimento de 11,85% no período. Houve crescimento também nas demais

Tabela 1. Equações do cálculo da pegada hídrica verde e azul.

Equação	Componente
$PH_{cana,verde} = UAC_{verde} / RM$	UAC_{verde} = uso da água verde pela cultura (m ³ /ha)
$PH_{cana,azul} = UAC_{azul} / RM$	UAC_{azul} = uso da água azul pela cultura (m ³ /ha) RM = rendimento médio da produção (t/ha)
$UAV_{verde} = 10 \times \sum_{d=1}^{Tc} ET_{verde}$	ET_{verde} = evapotranspiração verde da cultura, obtida pelo modelo CROPWAT
$UAV_{azul} = 10 \times \sum_{d=1}^{Tc} ET_{azul}$	ET_{azul} = evapotranspiração azul da cultura, obtida pelo modelo CROPWAT Tc = tempo da cultura (dias) 10 = fator de conversão da água em milímetros para m ³ /ha
$PH_{cana,cinza} = [(\alpha \times TA) / (C_{max} - C_{nat})] / RM$	α = taxa de lixiviação sobre o escoamento dos agrotóxicos no solo, definida por Franke et al. (2013). Neste estudo, $\alpha = 0,1$ TA = taxa de aplicação média de fertilizantes por hectares do cultivo da cana-de-açúcar, dados obtidos de Rossetto & Santiago (2020). Neste estudo, $TA = 87,5$ kg/ha C_{max} = carga máxima de poluentes no sistema, considerada como 10% da taxa de aplicação C_{nat} = carga natural de poluentes no corpo hídrico, considerada nula

Fonte: adaptado de Hoekstra et al. (2011).

Tabela 2. Cana-de-açúcar – uso de água verde e azul pelas mesorregiões paranaenses.

Mesorregião	UAC verde (m ³ /ha)	UAC azul (m ³ /ha)
Noroeste Paranaense	12.709	3.127
Centro Ocidental Paranaense	12.698	2.091
Norte Central Paranaense	10.621	3.748
Norte Pioneiro Paranaense	12.945	2.242

mesorregiões, pela ordem: Centro Ocidental Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense e Norte Central Paranaense. No Noroeste, a pegada hídrica verde é alta para sua baixa quantidade média de cana produzida, e isso corrobora o exposto por Hoekstra et al. (2011): quando há consumo elevado de água para uma produção média-baixa, isso revela baixa produção por volume de água consumido, ressaltando que outros fatores afetam a produção além do fator hídrico. Os autores acrescentam que a produtividade da água varia ao longo dos anos por diversos motivos, que muitas vezes não possuem relação com

a água, acarretando transformações na pegada hídrica de um ano para o outro. Quando se compara a produção média do Centro Ocidental (1,8 milhões de toneladas) com a do Noroeste (22 milhões de toneladas), a diferença foi, em média, de 11,90 vezes entre 2010 e 2020.

Em comparação com os resultados de Kongboon & Sampattagul (2012), que calcularam a pegada hídrica para a produção de cana na Tailândia, os valores encontrados aqui foram maiores do que a média dos autores, que obtiveram em torno de 90 m³/t para a pegada hídrica verde. Já num contexto nacional, Reis et al. (2020), no Município de São Carlos, SP, encontraram para a PH verde o valor de 109,8 m³/t; e Scarpore et al. (2016), no mesmo estado, no cultivo alimentado pela chuva, encontraram a média de PH verde em torno de 145 m³/t, valor próximo das médias das mesorregiões do Paraná (158,67 m³/t). Mekonnen & Hoekstra (2011) fizeram o cálculo da pegada hídrica média mundial da produção de cana-de-açúcar, e os valores encontrados para a PH verde das mesorregiões

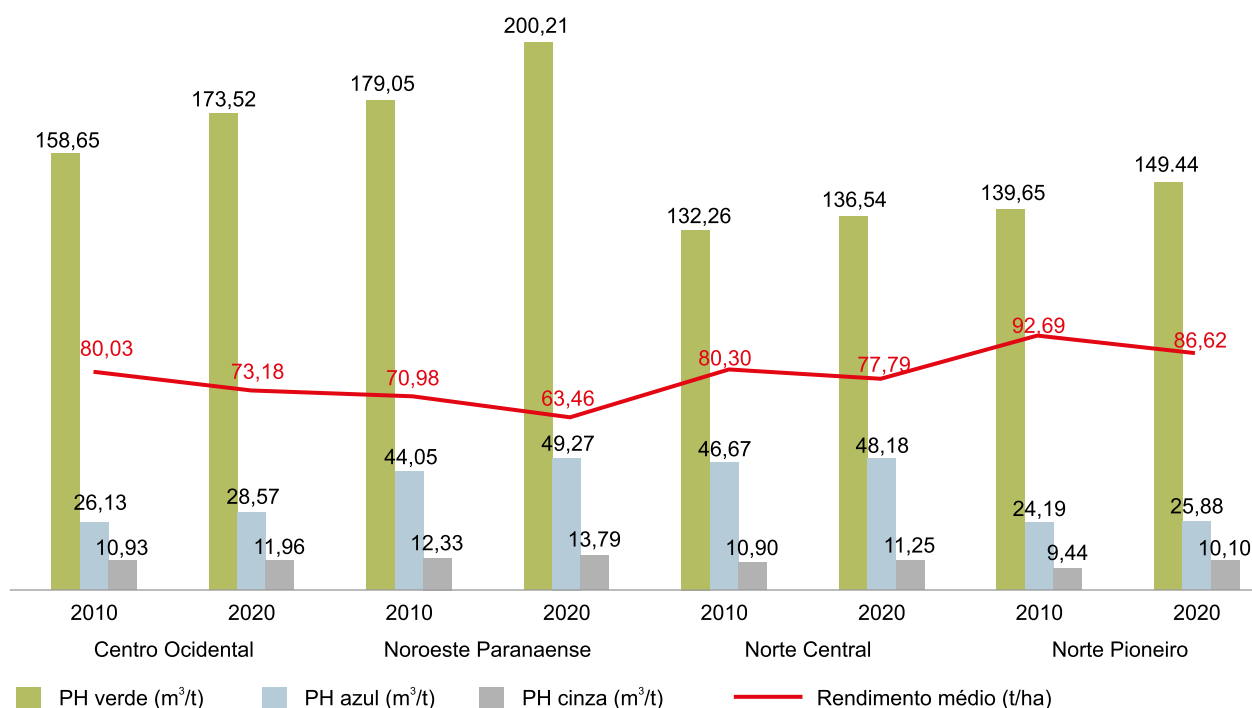


Figura 5. Cana-de-açúcar – pegada hídrica verde, azul e cinza e rendimento médio das mesorregiões paranaenses em 2010–2020.

deste estudo são próximos do encontrado pelos autores, que foi de 139 m³/t.

Quanto à PH azul, o Norte Central foi a mesorregião de maior pegada média: 47,43 m³/t. A explicação para valores de PH azul elevados, mesmo quando a região registrou as menores PH verde em ambos os anos, é sua alta demanda pelo UAC azul (Tabela 2). Esse fato corrobora o entendimento de que há maior retirada de água do solo/superficial (água azul) para o cultivo nessa mesorregião, já que ela demandou uma quantidade de água disponível no solo 79,25% a mais do que o Centro Ocidental.

Entretanto, a pegada hídrica azul média mundial calculada por Mekonnen & Hoekstra (2011) para a cana-de-açúcar é maior do que a PH azul nas mesorregiões aqui estudadas, 57 m³/t contra 36,62 m³/t, o que revela que o cultivo da cana no Paraná usa menores quantidades de água do solo e da superfície. Além disso, o estudo de Reis et al. (2020), no Município de São Carlos, SP, estimou a PH azul média da produção de cana em 45,9 m³/t, ou seja, também

nessa comparação as mesorregiões do Paraná deixam uma pegada hídrica azul menor.

Para a pegada hídrica cinza, que é a quantidade de água utilizada para absorver os poluentes do sistema – no caso deste estudo, a taxa de fertilizantes aplicados –, o Noroeste Paranaense registrou os maiores valores, com 12,33 m³/t em 2010 e 13,79 m³/t em 2020, e o maior crescimento no período: 11,84%. Um fato que chamou a atenção foi o comportamento da relação inversa entre o rendimento médio e o valor da PH cinza, ou seja, com a queda do rendimento médio observado no estudo, houve maior necessidade de água para assimilar os poluentes do sistema.

Para a pegada hídrica cinza média da cana, Mekonnen & Hoekstra (2011) encontraram o valor de 13 m³/t, Reis et al. (2020) calcularam 10,5 m³/t e Scarpore et al. (2016), 18 m³/t (Tabela 3). Neste estudo, a PH cinza média calculada em 2010–2020 foi de 11,34 m³/t, ou seja, a quantidade de água necessária para assimilar a carga de contaminação proveniente da cultura é similar à encontrada em outros estudos para a cana-de-açúcar.

Tabela 3. PH da cana-de-açúcar – comparativo entre estudos.

Estudo	PH verde (m³/t)	PH azul (m³/t)	PH cinza (m³/t)	PH total (m³/t)
Mekonnen & Hoekstra (2011) – Mundo	139	57	13	210
Scarpate et al. (2016) – São Paulo	145	38	18	201
Reis et al. (2020) – São Carlos/SP	109,8	45,9	10,5	166,2
Kongboon & Sampattagul (2012) – Tailândia	90	87	25	202
Paraná (2010–2020)	158,67	36,62	11,34	206,63

Silva et al. (2015) fizeram um experimento em uma fazenda no litoral da Paraíba para comparar as medições da pegada hídrica da cana com os resultados do modelo CROPWAT. Os resultados evidenciaram que os valores da PH verde e PH cinza caem à medida que ocorre acréscimo na lâmina de irrigação. Já os valores da PH azul crescem sempre que há incremento na lâmina de irrigação. Os autores observaram que a pegada hídrica da cana-de-açúcar obtida com base no modelo CROPWAT superestimou os valores da PH verde e PH azul e subestimou a PH cinza em comparação com os resultados obtidos com base no balanço hídrico do solo. Porém, o uso da métrica “m³/ha⁻¹” pelos autores impossibilitou a comparações.

No panorama individual, a produção canavieira das mesorregiões do Paraná consome mais água proveniente da chuva, em vez das águas superficiais (rios e lagos), valor similar ao de Scarpate et al. (2016), o que explica o estado possuir a menor PH azul. A PH cinza da cana paranaense também foi baixa, aproximando-se da média mundial e do estudo realizado em São Carlos, SP, anteriormente citado.

Quanto às diferenças entre as pegadas hídricas das mesorregiões paranaenses, ressalta-se que vários fatores interferem nos resultados. As pegadas variam conforme a safra, a região, a estação de plantio, a eficiência do local de produção e a duração do processo produtivo (Gobin et al., 2017). Assim, estudos que se baseiam em um único cultivo podem encontrar resultados diferentes dos de outras pesquisas com o mesmo plantio em regiões sob condições diferentes (Ribeiro et al., 2019).

A Figura 6 mostra os totais e as respectivas porcentagens das pegadas hídricas estimadas neste estudo. A mesorregião com a maior pegada hídrica média no período foi o Noroeste Paranaense, com 249,37 m³/t, e a média da PH total das mesorregiões produtoras de cana-de-açúcar foi de 206,63 m³/t.

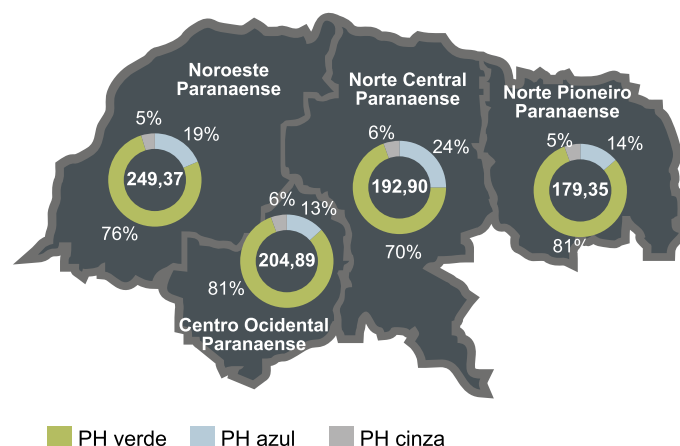


Figura 6. Pegadas hídricas verde, azul e cinza médias (%) e pegada hídrica total média no Paraná em 2010–2020.

Considerações finais

O objetivo deste artigo foi estimar as pegadas hídricas verde, azul e cinza da cana-de-açúcar nas principais mesorregiões produtoras do Paraná em 2010–2020. A mesorregião com os maiores valores para a pegada verde foi o Noroeste Paranaense, com 179,05 m³/t em 2010 e 200,26 m³/t em 2020. Quanto à pegada azul, o Norte Central exibiu o maior valor em 2010, com 46,67 m³/t, e o Noroeste em 2020, com

49,27 m³/t. O Noroeste Paranaense registrou também a maior pegada hídrica cinza, com 12,33 m³/t em 2010 e 13,79 m³/t em 2020.

A mesorregião de maior pegada hídrica média no período foi o Noroeste Paranaense, com 249,37 m³/t; a de menor pegada foi o Norte Pioneiro Paranaense: 179,35 m³/t. A média da pegada hídrica total da produção de cana-de-açúcar das mesorregiões paranaenses foi de 206,63 m³/t, resultado próximo aos de outros estudos de âmbitos mundial e nacional.

Tais informações podem ajudar no planejamento e gestão integrada de recursos hídricos e contribuir para a adoção de medidas para elevar a eficiência do uso da água.

Para melhorar os índices de pegada hídrica da cana-de-açúcar, algumas considerações podem ser úteis. Primeiro, diante da constatação de que tanto a área colhida quanto a produtividade da cana no Paraná caíram entre 2010 e 2020 (Conab, 2022), uma alternativa seria o melhoramento genético da planta com vistas à redução da demanda de água em seu processo produtivo, o que diminuiria as necessidades hídricas verdes ou azuis. Da mesma forma, a pegada hídrica cinza pode ser reduzida se a produção usar menores cargas de poluentes, o que mais uma vez está atrelado ao melhoramento das variedades de cana-de-açúcar. De acordo com Morais et al. (2015), as características desejáveis para a planta são muitas, e agregá-las em um só genótipo não é simples – o melhoramento pode demorar de dez a 15 anos.

É necessário que haja também o aprofundamento de discussões acerca de outras culturas com expressiva área plantada no Paraná. Sugere-se, como agenda para pesquisas futuras, o cálculo do fluxo de exportação da água virtual para evidenciar o papel do estado e da cultura no contexto mundial. Outra sugestão é a análise da pegada hídrica na cultura canavieira em outras regiões brasileiras sob o mesmo procedimento metodológico.

Referências

- AGROSTAT: Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro. 2021. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 19 set. 2021.
- ALLAN, J.A. Virtual water - the water, food, and trade nexus. Useful concept or misleading metaphor? **IWRA, Water International**, v.28, p.106-113, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2003.9724812>.
- ALLAN, T. Fortunately there are substitutes for water: otherwise our hydropolitical futures would be impossible. In: CONFERENCE ON PRIORITIES FOR WATER RESOURCES ALLOCATION AND MANAGEMENT, 1992, London. **Proceedings**. London: ODA, 1993. p.13-26. Disponível em: <<https://www.ircwash.org/sites/default/files/210-93PR-11967.pdf#page=18>>. Acesso em: 4 out. 2021.
- CLEIN, C. **Motivos e consequências da falência de agroindústrias canavieiras no Estado do Paraná**. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras: cana-de-açúcar - agrícola**. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/891-cana-de-acucar-agricola>>. Acesso em: 22 set. 2022.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Food and Agriculture 2020: overcoming water challenges in agriculture**. Rome, 2020.
- FRANKE, N.A.; BOYACIOGLU, H.; HOEKSTRA, A.Y. **Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines**. Delft: Unesco-IHE, 2013. (Value of Water Research Report Series, n.65).
- GALAFASSI, L.B.; BEBBER, R.A.; SHIKIDA, P.F.A. Uma análise da distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná (1975-2018). **Teoria e Evidência Econômica**, ano26, p.272-296, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5335/rtee.v26i55.12137>.
- GELAIN, J.G.; ISTAKE, M. Exportação líquida de água virtual brasileira e estadual. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v.9, p.150-168, 2015. Disponível em: <<https://revistaaber.org.br/rberu/article/view/101>>. Acesso em: 29 set. 2021.
- GERBENS-LEENES, W.; HOEKSTRA, A.Y. The water footprint of sweeteners and bio- ethanol. **Environment International**, v.40, p.202-211, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.06.006>.
- GOBIN, A.; KERSEBAUM, K.C.; EITZINGER, J.; TRNKA, M.; HLAVINKA, P.; TAKÁČ, J.; KROES, J.; VENTRELLA, D.; DALLA MARTA, A.; DEELSTRA, J.; LALIC, B.; NEJEDLIK, P.; ORLANDINI, S.; PELTONEN-SAINIO, P.; RAJALA,

- A.; SAUE, T.; SAYLAN, L.; STRICEVIC, R.; VUCETIC, V.; ZOUMIDES, C. Variability in the water footprint of arable crop production across European regions. **Water**, v.9, art.93, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9020093>.
- GOEBEL, M.A.; CAVALCANTE, D.L.; CLEIN, C.; MORENO, J.; SHIKIDA, P.F.A. Judicial recovery and bankruptcy of sugarcane agroindustries in the State of Paraná. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.16, p.25-35, 2020. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/5394>>. Acesso em: 06 nov. 2021.
- GRAEF, C.E.; SIGOLO, É.A.; SUBELDIA JUNIOR, O.L.L.; WIECHORK, S.; SHIKIDA, P.F.A. Concentração na agroindústria canavieira paranaense (safras 2000/2001, 2014/2015). **Revista de Economia**, v.43, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5380/re.v42i1.49115>.
- HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K.; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. **The water footprint assessment manual: setting the global standard**. London: Earthscan, 2011.
- HOEKSTRA, A.Y.; HUNG, P.Q. **Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade**. Delft: IHE Delft, 2002. (Value of Water Research Report Series, n.11).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PAM – Produção Agrícola Municipal 2020**. 2021. Disponível em: <https://ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 15 out. 2021.
- IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Indicadores de desenvolvimento sustentável por bacias hidrográficas do estado do Paraná**. Curitiba, 2017.
- KAEFER, G.T.; SHIKIDA, P.F.A. A gênese da cana-de-açúcar no Paraná e seu desenvolvimento recente. **Tempo da Ciência**, v.7, p.93-104, 2000.
- KONGBOON, R.; SAMPATTAGUL, S. The water footprint of sugarcane and cassava in northern Thailand. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.40, p.451-460, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.215>.
- KRETER, A.C.; PASTRE, R.; BASTOS FILHO, G.S. Comércio exterior de produtos do agronegócio: balanço de 2020 e perspectivas para 2021. **Carta de Conjuntura**, n.50, Nota de Conjuntura, n.29, 2021. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/210331_cc_50_nota_29_set_or_externo_agro.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.
- MEKONNEN, M.M.; HOEKSTRA, A.Y. **The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products**. Delft: Unesco-IHE, 2010. (Value of Water Research Report Series, n.47).
- MEKONNEN, M.M.; HOEKSTRA, A.Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.15, p.1577-1600, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>.
- MEKONNEN, M.M.; ROMANELLI, T.L.; RAY, C.; HOEKSTRA, A.Y.; LISKA, A.J.; NEALE, C.M.U. Water, energy, and carbon footprints of bioethanol from the U.S. and Brazil. **Environmental Science & Technology**, v.52, p.14508-14518, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b03359>.
- MONTOYA, M.A. A pegada hídrica da economia brasileira e a balança comercial de água virtual: uma análise insumo-produto. **Economia Aplicada**, v.24, p.215-248, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea167721>.
- MORAIS, L.K. de; CURSI, D.E.; SANTOS, J.M. dos; SAMPAIO, M.; CAMARA, T.M.M.; SILVA, P. de A.; BARBOSA, G.V.; HOFFMANN, H.P.; CHAPOLA, R.G.; FERNANDES JUNIOR, A.R.; GAZAFFI, R. **Melhoramento genético de cana-de-açúcar**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 200). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142119/1/Doc-200.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2022.
- MUNOZ CASTILLO, R.; FENG, K.; HUBACEK, K.; SUN, L.; GUILHOTO, J.; MIRALLES-WILHELM, F. Uncovering the green, blue, and grey water footprint and virtual water of biofuel production in Brazil: a nexus perspective. **Sustainability**, v.9, art.2049, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9112049>.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. Paris: OECD Publishing, 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/fr/gov/governanca-dos-recursos-hidricos-no-brasil-9789264238169-pt.htm>>. Acesso em: 12 out. 2021.
- PARANÁ. **Decreto nº 8.299 de 05 de agosto de 2021**. Declara situação de emergência no Estado do Paraná, pelo período de 90 dias, tendo em vista a redução o volume de água disponível para captação para o consumo humano e dessedentação de animais, que teve como causa estiagem classificada como desastre, conforme Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016, do Ministério de Integração Nacional. 2021. Disponível em: <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=251637&indice=6&totalRegistros=389&anoSpan=2023&anoSelecionado=2021&mesSelecionado=8&isPaginado=true>>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- PEREIRA, A.L. **Dinâmicas de desenvolvimento nos municípios paranaenses com agroindústria sucroenergética instalada: uma abordagem multidimensional**. 2021. 186p. Dissertação (Mestrado)

– Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu.

REIS, A.; SANTOS, A.C. dos; ANACHE, J.A.A.; MENDIONDO, E.M.; WENDLAND, E.C. Water footprint analysis of temporary crops produced in São Carlos (SP), Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.25, e33, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200017>.

RENAULT, D. Value of virtual water in food: principles and virtues. In: WORKSHOP ON VIRTUAL WATER TRADE, 2002, Delft. [Proceedings]. Delft: FAO, 2002. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d1bd32a50dfce72fed108d6da226b270c3215005>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

RIBEIRO, G. de A.; DANTAS NETO, J.; MENDONÇA, M.F. de. The water footprint of the sugarcane agro-industry in the Northeast region of Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v.13, p.1203-1210, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.07.p1832>.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A.D. Cana: correção e adubação. In: MARIN, F.R. **Cana**. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_6_711200516715.html#>. Acesso em: 10 out. 2021.

SANTIAGO, A.D.; CHICO, D.; ANDRADE JUNIOR, A.S. de; GARRIDO, A.; CARNAÚBA, P.J.P. Pegada hídrica da cana-de-açúcar e etanol produzidos no estado de Alagoas, Brasil. **Agrometeoros**, v.25, p.209-216, 2017. DOI: <https://doi.org/10.31062/agrom.v25i1.26281>.

SCARPARE, F.V.; HERNANDES, T.A.D.; RUIZ-CORRÊA, S.T.; KOLLN, O.T.; GAVA, G.J. de C.; SANTOS, L.N.S. dos; VICTORIA, R.L. Sugarcane water footprint under different management practices in Brazil: Tietê/Jacaré watershed assessment. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.4576-4584, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.107>.

SILVA, V. de P.R. da; ALBUQUERQUE, M.F. de; ARAÚJO, L.E. de; CAMPOS, J.H.B. da C.; GARCÊZ, S.L.A.; ALMEIDA, R.S.R. Medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.521-526, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p521-526>.

SILVA, V. de P.R. da; OLIVEIRA, S.D. de; HOEKSTRA, A.Y.; DANTAS NETO, J.; CAMPOS, J.H.B.C.; BRAGA, C.C.; ARAÚJO, L.E. de; ALEIXO, D. de O.; BRITO, J.I.B. de; SOUZA, M.D. de; HOLANDA, R.M. de. Water footprint and virtual water trade of Brazil. **Water**, v.8, art.517, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/w8110517>.

UNICA. União das Indústrias de Cana-de-Açúcar. **UNICADATA**. 2021. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br>>. Acesso em: 19 set. 2021.

WATER FOOTPRINT NETWORK. **What is a water footprint?** 2021. Disponível em: <<https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint>>. Acesso em: 10 out. 2021.

ZANGISKI, G.H.; CARVALHO, T.S. Análise do comércio de água virtual no estado do Paraná: uma abordagem de insumo-produto. **Economia & Região**, v.9, p.149-171, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5433/2317-627X.2021v9n2p149>.

Oportunidades, desafios e perspectivas para o arroz no Brasil

Alcido Elenor Wander¹

O arroz é um dos cereais mais importantes para a segurança alimentar mundial. É oriundo da Ásia, e seu cultivo se difundiu em diferentes continentes e espécies, abrangendo também diferentes sistemas e formas de cultivo em regiões tropicais, subtropicais e temperadas.

A produção mundial tem sido de 770 milhões de toneladas de arroz em casca (média 2019–2021). Em sua grande maioria, o arroz é consumido no mesmo país onde é produzido – menos de 10% da produção é exportado. Como a Ásia é o principal produtor, o continente é também o maior mercado consumidor. Entre os principais exportadores estão Índia, Tailândia e Vietnã, todos asiáticos. (FAO, 2023).

O arroz foi introduzido no Brasil na época da colonização portuguesa, e seu cultivo passou a ser difundido de forma mais intensa a partir do fim do século 18, especialmente no sul do País (Wander et al., 2021).

O Brasil é o maior produtor e consumidor de arroz fora da Ásia (Wander et al., 2021), e nossa produção tem sido de aproximadamente 11 milhões de toneladas de arroz em casca, concentrada no Sul, que responde por 80% da produção nacional (RS: 70%, SC: 10%) (Embrapa Arroz e Feijão, 2022; Conab, 2023).

No Brasil, o arroz é cultivado de várias maneiras, com destaques para o arroz irrigado por inundação, com 90% da produção nacional, e para o arroz de sequeiro (terras altas), com 10%

(Wander et al., 2021). Nas últimas duas décadas, houve redução das áreas de cultivo em sequeiro e concentração nas áreas irrigadas por inundação (Embrapa Arroz e Feijão, 2022). O recuo do cultivo do arroz em condições de sequeiro tem sido motivado, principalmente, por razões econômicas (Ricardo & Wander, 2013; Santana et al., 2022).

Observa-se, em anos recentes, um processo de adaptação do cultivo do arroz também em áreas de irrigação por aspersão (Castro et al., 2022). De fato, o arroz pode vir a ser uma das opções de cultivo para produtores que possuem irrigação por aspersão em suas áreas.

A produção brasileira de arroz tem sido ajustada à demanda interna. Em 2003/2004, o País passou a ser superavitário nesse item, ou seja, passamos a exportar mais arroz do que importar, situação que perdurou até a safra 2022/2023, quando as importações voltaram a superar as exportações. Outro aspecto relacionado ao abastecimento interno é o baixo nível de estoques de passagem, que na safra 2022/2023 representaram apenas 17% do consumo anual do Brasil. (Conab, 2023).

Estaria o setor arrozeiro brasileiro adentrando uma crise? Na verdade, esse setor tem tido dificuldades para se consolidar e competir em nível internacional, por uma série de razões (Wander, 2006). Comparativamente com os países vizinhos, membros do Mercosul, o Brasil

¹ Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: alcido.wander@embrapa.br

possui desvantagens que se refletem em custos de produção e logísticos maiores. Assim, em anos recentes, a cadeia produtiva do arroz tem buscado novas formas de aproveitamento dos grãos como ingrediente essencial. Além disso, tem havido esforço para a abertura de mercados para o arroz brasileiro, com algum grau de sucesso.

Um desafio enorme, no entanto, está relacionado à viabilidade econômica da lavoura orizícola quando comparada com outros cultivos (Wander & Silva, 2014). Diferenças tributárias, além dos desafios logísticos, têm majorado os preços dos insumos no Brasil em comparação com os vizinhos do Mercosul. Essa situação e o baixo nível de suporte aos produtores têm prejudicado os produtores nacionais de arroz.

A demanda interna por arroz tem caído ao longo dos anos. Para a safra 2022/2023, espera-se o consumo interno de 10,5 milhões de toneladas de arroz em casca – de 2002 a 2004, a demanda interna estava acima de 13 milhões de toneladas. (Conab, 2023). O que está acontecendo com a demanda interna por arroz? Os brasileiros estão reduzindo seu consumo per capita de arroz na sua forma tradicional. As razões para a queda do consumo per capita são várias, associadas a mudanças do padrão de consumo de alimentos em geral (Moratoya et al., 2013), e podem estar sendo potencializadas pelo estilo de vida das novas gerações e mudança de hábitos de consumo em geral.

Se observarmos as projeções para a cultura do arroz no Brasil nos próximos dez anos (Brasil, 2022), espera-se em 2031/2032 que a produção seja de 11,47 milhões de toneladas (+6,3%), que o consumo seja de 10,56 milhões de toneladas (-2,3%) e as importações, de 0,8 milhão de toneladas (-27,6%). Com base nesses números, deduz-se que o volume disponível para exportação seria de 1,7 milhão de toneladas. Esse volume de exportação já foi superado pelo Brasil em 2010/2011, 2017/2018, 2019/2020 e 2021/2022.

Por fim, observando-se a realidade que o setor orizícola nacional vive no momento e as

projeções para os próximos dez anos, é provável que haja poucas mudanças nos principais indicadores da cadeia produtiva brasileira do arroz. O País precisa buscar novos usos para os grãos de arroz (mercado interno) e abrir novos mercados para exportação, ou seja, criar oportunidades para que a produção possa ser ampliada. Se houver esse mercado adicional, os produtores brasileiros de arroz certamente responderão com produção adicional. Esse desafio é da cadeia produtiva como um todo, que pode ser apoiada com políticas públicas assertivas de fortalecimento desse setor no agronegócio nacional.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2021/22 a 2031/32: projeções de longo prazo.** Brasília, 2022. 109p.
- CASTRO, A.P. de; FERREIRA, C.M.; SILVA, R.S. e. Arroz em sistemas sustentáveis sob pivô central. **Revista de Política Agrícola**, v.31, p.117-129, 2022.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Oferta e demanda:** arroz. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/oferta-e-demanda.html>>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2021):** área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás, 2022. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat.** Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- MORATOYA, E.E.; CARVALHAES, G.C.; WANDER, A.E.; ALMEIDA, L.M. de M.C. Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. **Revista de Política Agrícola**, ano22, p.72-84, 2013.
- RICARDO, T.R.; WANDER, A.E. Rentabilidade e risco de culturas anuais em Rio Verde/GO. **Custos e @gronegócio**, v.9, p.181-195, 2013.
- SANTANA, C.A.M.; SOUZA, G. da S. e; GOMES, E.G. O futuro do arroz de terras altas no Brasil: cultivo de oportunidade. **Revista de Política Agrícola**, ano31, p.51-70, 2022.
- WANDER, A.E. A competitividade do agronegócio brasileiro de arroz. **Custos e @gronegócio**, v.2, p.2-15, 2006.

WANDER, A.E.; SILVA, O.F. da. Rentabilidade da produção de arroz no Brasil. In: CAMPOS, S.K. (Coord.). **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil**: volume 2: O desafio da rentabilidade na produção. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2014. p.117-133.

WANDER, A.E.; SILVA, O.F. da; FERREIRA, C.M. O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. In: FERREIRA, C.M.; BARRIGOSI, J.A.F. (Ed.). **Arroz e feijão**: tradição e segurança alimentar. Brasília: Embrapa, 2021. Cap.5, p.81-100.

Instrução aos autores

1. Tipos de colaboração

São aceitos por esta revista trabalhos que se enquadrem nas áreas temáticas de política agrícola, agrárias, gestão e tecnologias para o agronegócio, agronegócio, logísticas e transporte, estudos de casos resultantes da aplicação de métodos quantitativos e qualitativos a sistemas de produção, uso de recursos naturais e desenvolvimento rural sustentável, não publicados nem encaminhados a outra revista para o mesmo fim, dentro das seguintes categorias: a) artigo de opinião; b) artigo científico; e c) texto para debates.

Artigo de opinião

É o texto livre, mas bem fundamentado, sobre algum tema atual e de relevância para os públicos do agronegócio. Deve apresentar o estado atual do conhecimento sobre determinado tema, introduzir fatos novos, defender ideias, apresentar argumentos e dados, fazer proposições e concluir de forma coerente com as ideias apresentadas.

Artigo científico

O conteúdo de cada trabalho deve primar pela originalidade, isto é, ser elaborado a partir de resultados inéditos de pesquisa que ofereçam contribuições teóricas, metodológicas e fundamentais para o progresso do agronegócio brasileiro.

Texto para debates

É um texto livre, na forma de apresentação, destinado à exposição de ideias e opiniões, não necessariamente conclusivas, sobre temas importantes, atuais e controversos. A sua principal característica é possibilitar o estabelecimento do contraditório. O texto para debate será publicado no espaço denominado Ponto de Vista.

2. Encaminhamento

Aceitam-se trabalhos escritos em Português. Os originais devem ser encaminhados ao Editor-Chefe (wesley.jose@embrapa.br).

A carta de encaminhamento deve conter: título do artigo, nome do(s) autor(es) e declaração explícita de que o artigo não foi enviado a nenhum outro periódico.

3. Procedimentos editoriais

a) Após análise crítica do Conselho Editorial, o editor comunica aos autores a situação do artigo: aprovação, aprovação condicional ou não aprovação. Os critérios adotados são os seguintes:

- Adequação à linha editorial da Revista.
- Valor da contribuição do ponto de vista teórico e metodológico.
- Argumentação lógica, consistente e que, ainda assim, permita contra-argumentação pelo leitor (discurso aberto).
- Correta interpretação de informações conceituais e de resultados (ausência de ilações falaciosas).
- Relevância, pertinência e atualidade das referências.

b) São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e os conceitos emitidos nos trabalhos. Contudo, o Editor-Chefe, com a assistência dos conselheiros, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações.

c) Eventuais modificações de estrutura ou de conteúdo, sugeridas aos autores, devem ser processadas e devolvidas ao Editor-Chefe no prazo de 15 dias.

d) Ao Editor-Chefe e ao Conselho Editorial é facultada a encomenda de textos e artigos para publicação.

4. Forma de apresentação

a) Tamanho – Os trabalhos devem ser apresentados no programa Word, no tamanho máximo de 20 páginas, espaço 1,5 entre linhas e margens de 2 cm nas laterais, no topo e na base, em formato A4, com páginas numeradas. A fonte é Times New Roman, corpo 12 para o texto e corpo 10 para notas de rodapé. Usa-se apenas a cor preta para todo o texto. Devem-se evitar agradecimentos e excesso de notas de rodapé.

b) Títulos, Autores, Resumo, Abstract e Palavras-chave (keywords) – Os títulos devem ser grafados em caixa baixa, exceto a primeira palavra, com, no máximo, sete palavras. Devem ser claros e concisos e expressar o conteúdo do trabalho. Grafar os nomes dos autores por extenso, com letras iniciais maiúsculas. O Resumo e o Abstract não devem ultrapassar 200 palavras. Devem conter síntese dos objetivos, desenvolvimento e principal conclusão do trabalho. As palavras-chave e keywords – de três a cinco palavras não contidas no título – devem ser separadas por vírgula.

c) O rodapé da primeira página deve trazer a formação acadêmica, a qualificação profissional principal e o endereço eletrônico dos autores.

d) Introdução – Deve ocupar no máximo duas páginas e apresentar o objetivo do trabalho, a importância e a contextualização, o alcance e eventuais limitações do estudo.

e) Desenvolvimento – Constitui o núcleo do trabalho, onde se encontram os procedimentos metodológicos, os resultados da pesquisa e sua discussão crítica. Contudo, a palavra Desenvolvimento não é usada para título dessa seção, ficando a critério do autor empregar o título mais apropriado à natureza do trabalho.

Em todo o artigo, a redação deve priorizar parágrafos com orações em ordem direta, prezando pela clareza e concisão de ideias. Deve-se evitar parágrafos longos que não estejam relacionados entre si, que não explicam, que não se complementam ou não concluem a ideia anterior.

f) Conclusões – Seção elaborada com base no objetivo e nos resultados do trabalho. Não pode consistir, simplesmente, do resumo dos resultados; deve apresentar as novas descobertas da pesquisa; e confirmar ou rejeitar as hipóteses formuladas na Introdução, se for o caso.

g) Citações – Quando incluídos na sentença, os sobrenomes dos autores devem ser grafados em caixa alta e baixa, com a data entre parênteses. Se não incluídos, devem estar entre parênteses, grafados em caixa alta e baixa, separados das datas por vírgula.

• Citação com dois autores: sobrenomes separados por “&” quando estiverem dentro ou fora de parênteses.

• Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor seguido da expressão et al. em fonte normal.

- Citação de diversas obras de autores diferentes: obedecer à ordem cronológica e, em seguida, à ordem alfabética dos nomes dos autores, separadas por ponto e vírgula.
- Citação de mais de um documento dos mesmos autores: não há repetição dos nomes dos autores; as datas das obras, em ordem cronológica, são separadas por vírgula.
- Citação de citação: sobrenome do autor do documento original seguido da expressão “citado por” e da citação da obra consultada.
- Citações literais de até três linhas devem ser aspeadas, integrando o parágrafo normal. Após o ano da publicação, acrescentar a(s) página(s) do trecho citado (entre parênteses e separados por vírgula).
- Citações literais longas (quatro ou mais linhas) serão destacadas do texto em parágrafo especial e com recuo de quatro espaços à direita da margem esquerda, em espaço simples, corpo 10.

h) Figuras e Tabelas – As figuras e tabelas devem ser citadas no texto em ordem sequencial numérica, escritas com a letra inicial maiúscula, seguidas do número correspondente. As citações podem vir entre parênteses ou integrar o texto. As tabelas e as figuras devem ser apresentadas em local próximo ao de sua citação. O título de tabela deve ser escrito sem negrito e posicionado acima dela. O título de figura também deve ser escrito sem negrito, mas posicionado abaixo dela. Só são aceitas tabelas e figuras citadas no texto.

i) Notas de rodapé – As notas de rodapé (não bibliográficas) só devem ser usadas quando estritamente necessário.

j) Referências – Devem conter fontes atuais, principalmente de artigos de periódicos. Podem conter trabalhos clássicos mais antigos, diretamente relacionados com o tema do estudo. Devem ser normalizadas de acordo as adaptações da NBR 6023 de Agosto 2002, da ABNT (ou a vigente), conforme exemplos abaixo.

Devem-se referenciar somente as fontes usadas e citadas na elaboração do artigo e apresentadas em ordem alfabética.

Os exemplos a seguir constituem os casos mais comuns, tomados como modelos:

Monografia no todo (livro, folheto e trabalhos acadêmicos publicados)

COSTA, N.D. (Ed.). **A cultura do melão**. 3.ed. rev. atual. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 202p.

DUARTE, J. **Prosa com Eliseu**: entrevista a Jorge Duarte. Brasília: Embrapa, 2018.

Parte de monografia

SANTOS, J. de ARAÚJO dos. Intercâmbio de conhecimentos e novos desafios da fruticultura nas terras indígenas de Oiapoque. In: DIAS, T.; EIDT, J.S.; UDRY, C. (Ed.). **Diálogos de saberes**: relatos da Embrapa. Brasília: Embrapa, 2016. Cap. 12, p.203-215. (Coleção Povos e Comunidades Tradicionais, 2).

Artigo de revista

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. e; BRANDÃO, A.S.P. Por que os preços da cesta básica caíram? **Revista de Política Agrícola**, ano19, p.14-20, 2010.

GAMARRA-ROJAS, G.; SILVA, N.C.G. da; VIDAL, M.S.C. Contexto, (agri)cultura e interação no agroecossistema familiar

do caju no semiárido brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.34, p.313-338, 2017.

Dissertação ou Tese:

Não publicada

POSSAMAI, R.C. **Análise de viabilidade econômica da implantação do sistema integração lavoura-pecuária (iLP) no bioma cerrado**. 2017. 173p. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo.

SOUSA, W.P. de. **A castanha-da-Amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.) no contexto dos novos padrões internacionais de qualidade e segurança dos alimentos**. 2018. 243p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Publicada: da mesma forma que monografia no todo

Trabalhos apresentados em congresso

RONQUIM, C.C.; GARCON, E.A.M.; FONSECA, M.F. Expansão da cafeicultura na porção leste do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2017. p.3798-3805. Editado por Douglas Francisco M. Gherardi e Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão.

Documento de acesso em meio eletrônico

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 6 set. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais – SCN**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/servicos/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do; CHAGAS, C.I.; ZONTA, E. (Org.). **Impactos ambientais provenientes da produção agrícola**: experiências argentinas e brasileiras. São Paulo; Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2016. 1 CD-ROM.

Legislação

BRASIL. Lei nº 13.288, de 16 de maio de 2016. Dispõe sobre os contratos de integração, obrigações e responsabilidades nas relações contratuais entre produtores integrados e integradores, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 17 maio 2016. Seção1, p.1-3.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 15.913, de 2 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais do Alto Tietê Cabeceiras – APRMATC, suas Áreas de Intervenção, respectivas diretrizes e normas ambientais e urbanísticas de interesse regional para a proteção e recuperação dos mananciais. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, 3 out. 2015. Seção1, p.1-5.

5. Outras informações

Para mais informações sobre a elaboração de trabalhos a serem enviados à Revista de Política Agrícola, contatar o Editor-Chefe, Wesley José da Rocha ou a secretária Luciana Gontijo Pimenta em:

wesley.jose@embrapa.br – (61) 3448-2418

luciana.gontijo@agricultura.gov.br – (61) 3218-2292

Colaboração



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

