

Freitas, Rogério Edivaldo

Working Paper

Expansão da área agrícola no Brasil segundo as lavouras permanentes

Texto para Discussão, No. 2893

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Freitas, Rogério Edivaldo (2023) : Expansão da área agrícola no Brasil segundo as lavouras permanentes, Texto para Discussão, No. 2893, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2893-port>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/285015>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2893

**EXPANSÃO DA ÁREA AGRÍCOLA
NO BRASIL SEGUNDO AS
LAVOURAS PERMANENTES**

ROGÉRIO EDIVALDO FREITAS

ipea

Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

**EXPANSÃO DA ÁREA AGRÍCOLA
NO BRASIL SEGUNDO AS
LAVOURAS PERMANENTES¹**

ROGÉRIO EDIVALDO FREITAS²

1. O autor em muito agradece as observações e correções de Júnia Cristina Peres Rodrigues da Conceição e de Marco Aurélio Alves de Mendonça à versão inicial deste trabalho. As falhas remanescentes são de responsabilidade do autor

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).
E-mail: <rogerio.freitas@ipea.gov.br>.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

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

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

Diretor de Estudos Internacionais

FÁBIO VÉRAS SOARES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social

ANTONIO LASSANCE

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

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

Freitas, Rogério Edivaldo

Expansão da área agrícola no Brasil segundo as lavouras permanentes / Rogério Edivaldo Freitas. – Brasília, DF : IPEA, 2023. 41 p. : il., gráfs., mapas – (Texto para Discussão ; n. 2893).

Inclui Bibliografia.

1. Fronteira agrícola. 2. Safras permanentes. 3. Coeficiente de correlação de Spearman. 4. Análise de agrupamentos. 5. Brasil. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. II. Título.

CDD 333.76

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar

FREITAS, Rogério Edivaldo. **Expansão da área agrícola no Brasil segundo as lavouras permanentes**. Brasília: Ipea, jun. 2023. 41 p. (Texto para Discussão, n. 2893). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2893-port>.

JEL: Q10; Q15

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).

Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

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

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

SUMÁRIO

SINOPSE	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	7
2 EXPANSÃO DE ÁREA AGRÍCOLA NOS CONTEXTOS GLOBAL E BRASILEIRO.....	8
3 METODOLOGIA E FONTES DE DADOS	14
3.1 Seleção das mesorregiões.....	15
3.2 Coeficiente de correlação de Spearman	15
3.3 Avaliação da tendência temporal	16
3.4 <i>Clusters</i> das mesorregiões na fronteira agrícola brasileira ...	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Teste do coeficiente de Spearman para as mesorregiões selecionadas.....	21
4.2 Tendência temporal	23
4.3 Análise de <i>clusters</i> das mesorregiões selecionadas	25
4.4 <i>Ilações</i>	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS	36

SINOPSE

A produção de alimentos permanece como um dos maiores desafios para a humanidade neste século, e o Brasil é um dos principais produtores de alimentos que ainda tem área para expansão agrícola técnica e economicamente viáveis. Assim, saber quais regiões constituem a fronteira agrícola brasileira é crucial para aprimorar políticas públicas e embasar decisões de infraestrutura logística privadas. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1995 a 2020 foram utilizados neste estudo, cujo objetivo foi medir e mapear as áreas de expansão agrícola no Brasil naquele período, tomando-se em conta as safras permanentes no nível de mesorregiões. A metodologia é composta de quatro etapas e compreende a comparação dos resultados de dois métodos de *clusters*, permitindo-se identificar mesorregiões similares em termos de suas tendências participativas na área brasileira destinada à colheita (safras permanentes). Algumas mesorregiões devem ser destacadas com base nos valores tendenciais de suas parcelas na área de safras permanentes do Brasil, a saber: sul/sudoeste de Minas Gerais, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sudoeste paraense, Bauru, zona da mata, nordeste rio-grandense, são Francisco pernambucano e norte de Minas. Outras áreas – como litoral norte espírito-santense, vale são franciscano da Bahia, norte cearense, noroeste cearense, leste alagoano e sudeste paranaense – constituem um segundo grupamento líder, e oeste de Minas, nordeste paraense e vale do rio Doce devem ser realçadas como *clusters* por si mesmas. Ilações são discutidas e extensões de pesquisa são sugeridas, em especial a implementação de análises do tipo *top-down* no nível de microrregiões ou municípios, a partir das mesorregiões identificadas.

Palavras-chave: fronteira agrícola; Brasil; safras permanentes; coeficiente de correlação de Spearman; análise de grupamentos.

ABSTRACT

Food production remains one of the biggest challenges for humankind in this century, and Brazil is one of the largest food-producing countries that have yet some land for economically or technically profitable farming expansion. Therefore, knowing which areas constitute the Brazilian agricultural frontier is crucial for improving public policies and logistics infrastructure decisions. Data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics from 1995 to 2020 were used in this study. We aimed to map and measure the expansion of agricultural areas in Brazil from 1995 to 2020 for permanent crops according to their mesoregions. We applied a four-stage methodology, compared the results of two agglomerative clustering methods, and identified similar mesoregions based on their share trends in the Brazilian agricultural harvesting destined area. Some mesoregions must be highlighted in terms of trend values for their share of the Brazilian agricultural harvesting destined area: Minas' South/Southwest (MG), Triângulo Mineiro/Paranaíba Upstream (MG), Paraense Southwest (PA), Bauru (SP), Woodland Zone (MG), Rio-grandense Northeast (RS), Pernambucano San Francisco (PE) and Minas' North (MG). Other areas such as the Espírito-santense North Coast (ES), Bahia's San

Franciscano Valley (BA), Cearense North (CE), Cearense Northwest (CE), Alagoano East (AL), and Paranaense Southeast (PR) constituted a second leading group, and Minas' West (MG), Paraense Northeast (PA), and Doce River Valley (MG) should be emphasized as clusters by themselves. Policy implications are discussed and further research is suggested, especially running top-down analysis targeting microregions or municipalities in the identified mesoregions.

Keywords: agricultural frontier; Brazil; permanent crops; Spearman's correlation coefficient; clustering.

1 INTRODUÇÃO

Projeta-se que a população mundial atingirá 9,7 bilhões de pessoas em 2050,¹ e alimentar esse contingente populacional exigirá a adoção de novas tecnologias e conhecimentos científicos bem como a implementação de planos de conservação com base científica, de modo a elevar a produção agrícola de forma sustentável (USDA, 2022). De acordo com Duckett *et al.* (2022), elevar a produção de alimentos de modo a suprir uma demanda crescente por alimentos conservando a biodiversidade e a pressão sobre os ecossistemas naturais é um desafio planetário dual da mais elevada ordem.

Ademais, a maior parte das terras já empregadas no nível global possui tais restrições, como contaminação química, degradação de solo, doenças endêmicas, ou carência de infraestrutura. Nesse mesmo diapasão, conforme Iglesias, Quiroga e Diz (2011), parte das terras existentes é coberta por florestas naturais, áreas protegidas ou reservas de populações nativas, ao que se soma o fato de que os sistemas agrícolas na África e Sudeste Asiático parecem ser suscetíveis a mudanças na demanda hídrica agrícola, sob um contexto de crescente desafio climático.

Em acordo com Lauwere, Slegers e Meeusen (2022), a transição para um sistema alimentar circular que eleve as cadeias alimentares agrícolas de um padrão linear para um padrão mais circular com perdas desnecessárias mínimas poderia ser a resposta a um leque de desafios globais, a exemplo das mudanças climáticas, menor disponibilidade de biodiversidade e de água de qualidade, bem como insegurança alimentar.

No Brasil, a agricultura expandiu-se das áreas ao sul/sudeste para a região Centro-Oeste desde a década de 1980, e veio disseminar-se pelos estados do Maranhão, de Tocantins, do Piauí e da Bahia (Matopiba) e até as áreas meridionais da região Norte do país, fundamentalmente com base no cultivo de *commodities* agrícolas (Polizel *et al.*, 2021), a exemplo de milho, soja e algodão.

Nesse aspecto, Gasques, Botelho e Bastos (2015), por exemplo, identificaram preços de terras crescentes como uma consequência da expansão agrícola nos estados do Pará, do Amazonas e de Tocantins. Inclusive, áreas específicas de expansão agrícola no leste de Tocantins, sul maranhense, sudoeste piauiense e extremo oeste baiano já haviam sido mapeadas por Câmara *et al.* (2015) e por Freitas (2017), regiões que podem configurar-se como o núcleo principal da expansão agrícola brasileira até 2050.

1. Disponível em: <<https://bit.ly/3MStpv7>>. Acesso em: 19 maio 2023.

Na medida em que o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores globais de alimentos, é crítico mapear e monitorar sua área de expansão agrícola. Em primeiro plano, porque conhecer o *locus* da expansão de área agrícola do país é crucial para estruturar e/ou reajustar as respectivas políticas públicas, no nível de infraestrutura, oferta de crédito, assistência técnica e educação/treinamento para os produtores. Além disso, os setores privados das cadeias de insumos agrícolas podem empregar tais informações para modelar suas estratégias locais de operação e decisões de investimento.

Isso posto, este estudo objetiva medir e mapear as áreas de expansão agrícola para safras permanentes entre 1995 e 2020, no âmbito das mesorregiões brasileiras. Para tanto, o trabalho está organizado como descrito adiante. A seção 2 discute a expansão de área agrícola no Brasil e em outros países representativos. A seção 3 apresenta a metodologia e a base de dados utilizadas, cabendo à seção 4 reportar e discutir os resultados obtidos, além de tecer considerações em termos de ilações. A seção 5 conclui o trabalho com as observações finais.

2 EXPANSÃO DE ÁREA AGRÍCOLA NOS CONTEXTOS GLOBAL E BRASILEIRO

Conforme Awokuse e Xie (2015), a notável expansão do setor agrícola no Brasil tem contribuído para o crescimento global de sua economia, transformando-o em um país líder nas exportações de carne bovina, de aves, café, soja, sementes oleaginosas, açúcar e etanol de cana-de-açúcar. Entretanto, a expansão agrícola brasileira associa-se igualmente a diversos problemas; de acordo com Anghinoni *et al.* (2021), a sustentabilidade da produção agrícola é crucial para atender às demandas crescentes por alimentos, fibras e energia, e envolve componentes econômicos e ambientais da agricultura.

A elevada presença de pastos degradados é um passivo ambiental maior na agropecuária brasileira, mas os esforços de recuperação e restauração dessas áreas podem torná-las uma nova fronteira tanto para a expansão da produção agrícola quanto para a recuperação de florestas (Feltran-Barbieri e Féres, 2021). Esse argumento é compartilhado por Guilherme e Vidica (2019), para os quais o desenvolvimento rural sustentável e a integração lavoura, pecuária e floresta podem contribuir para reduzir os impactos da respectiva produção no meio ambiente.

De acordo com Carauta *et al.* (2021), os fazendeiros têm adotado uma ampla gama de sistemas integrados (lavoura-pecuária-floresta), com balanços de emissão de carbono/ha de grande variabilidade. Para os autores, as respostas dos produtores a incentivos de políticas têm sido orientadas por considerações de custo e benefício no nível das unidades produtoras, e não necessariamente alinhados com objetivos

ambientais federais. Suas análises confirmam avaliações anteriores e sugerem uma menor resposta dos produtores quando medidas como um aumento na área dos sistemas integrados. Em termos dos balanços de emissão de carbono, suas simulações indicam que os efeitos mitigatórios no nível das fazendas dependem do tipo de sistema pecuário e de pastagem em tela.

Outros estudos (Maia *et al.*, 2021) destacam que a difusão de sistemas agroflorestais teve impactos relevantes nas taxas de lotação praticadas (cabeças/unidade de pastagem). Segundo os autores, os sistemas agroflorestais podem também ter estimulado a mudança da criação de gado para outras atividades de maior valor adicionado bruto, como a soja, além do que os impactos econômicos mais significativos dos sistemas agroflorestais ocorrem quando a difusão dos mesmos se associa com o cultivo daquela leguminosa.

Ao mesmo tempo, sabe-se que encontrar um equilíbrio entre a conservação de ecossistemas e a produção de bens e serviços de que as sociedades necessitam é fundamental para o desenvolvimento sustentável de longo prazo de qualquer região, mas tal equilíbrio varia entre as diversas paisagens de uma mesma região (Araújo *et al.*, 2021).

Nesse contexto, técnicas específicas podem ser muito úteis para a rotação de culturas. De acordo com Honga, Heerink e van der Werf (2020), efeitos positivos da rotação de culturas sobre o produto e os recursos naturais podem ser ainda notados se as políticas de aumento de escala das unidades são combinadas com novas políticas de rotação de safras, em especial com ênfase naquelas que podem fazer uso de um maquinário comum.

Outro aspecto relevante é o efeito da expansão de área agrícola sobre a cobertura de solo. Segundo Duveiller (2020), alterações no uso da terra e na cobertura de solo afetam o clima, tanto por meio de mecanismos biogeoquímicos quanto por meio de processos biofísicos. Nesse âmbito, ainda que os mecanismos biogeoquímicos sejam aferidos em uma escala global e constituam o coração dos tratados sobre o clima, a exemplo do Acordo de Paris, os efeitos biofísicos não estão contemplados, em que pese seus impactos cada vez mais reconhecidos, em especial os de escala local.

No espectro internacional, diferentes países são o espaço para várias abordagens que combinam políticas públicas, preocupações com o meio ambiente e expansão de área agrícola. No caso europeu, Braito *et al.* (2020) enfatizam as relações homem-natureza, principalmente no que pertine à oferta de treinamento e de serviços de experimentação agrícola, estimulando as redes sociais e elevando a reputação social dos produtores agrícolas. Ademais, a agricultura europeia está enfrentando expectativas

crescentes e pressão da sociedade e de formuladores de políticas públicas com vistas à proteção ambiental e mitigação da mudança climática (Kathage *et al.*, 2022). Na mesma direção, consoante Carroccio *et al.* (2016), na União Europeia as estratégias assumidas pelos investidores são orientadas pela premência de atingir segurança energética e reduzir as emissões de CO₂ de modo a administrar os problemas de segurança alimentar e incorporar propostas e objetivos da Política da União Europeia para Sustentabilidade.

Já nos Estados Unidos, outro grande produtor e exportador de alimentos, a política agrícola exerce influência decisiva sobre as áreas cultivadas por meio do Programa de Reservas de Conservação (Hendricks e Er, 2018).

Ao mesmo tempo, na China a segurança de propriedade da terra percebida pelos produtores é em regra considerada uma pré-condição importante para o desenvolvimento rural (Qian *et al.*, 2022). De acordo com Wang e Wang (2022) nas áreas rurais chinesas, a transmissão das propriedades torna os fazendeiros que estão expandindo sua produção e os que estão otimizando seu uso da terra mais propensos a participar das ações coletivas por irrigação, mas o efeito é não significativo para os fazendeiros que estão reduzindo sua produção agrícola.

Outro componente relevante é que diferentes tipos de agricultura têm efeitos diversos sobre a expansão de áreas agrícolas, e a informação e a educação continuada têm se tornado chave para todos os tipos de fazendeiros sob o conceito de *smart farming*. O mesmo se relaciona ao uso das tecnologias da informação e da comunicação na administração das fazendas, com foco em produtividade, rentabilidade e conservação dos recursos naturais (Pivoto *et al.*, 2019). Entretanto, a adoção de determinadas tecnologias² exige mais anos de estudo e conhecimento sobre como as tecnologias funcionam, e algumas delas ainda demandam uma maior escala de operações.

No Brasil, ao longo da última década, a agricultura familiar tem experimentado mudanças significativas no nível nacional, alterando-se as dinâmicas social e produtiva da agricultura familiar, e também políticas públicas, como a Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), que exercem papel maior no fortalecimento do segmento (Araújo *et al.*, 2020). Este estudo concluiu que a estruturação de uma nova e eficiente Ater deve se basear nos critérios a seguir.

2. O leitor interessado em uma análise aplicada ao caso brasileiro pode encontrar uma avaliação da expansão da produção agrícola relativamente a novas tecnologias, aumento de produtividade e diferenças tecnológicas em Pereira e Castro (2021).

- 1) Ação do Estado, mas sem a prerrogativa de ser a fonte única de tais serviços.
- 2) Ampliação do desempenho dos municípios, no que a atuação das câmaras municipais pode contribuir para que a Ater se transforme em um serviço de qualidade.
- 3) Treinamento contínuo e qualificado para os extensionistas rurais.
- 4) Introdução de mecanismos de financiamento inovadores.
- 5) Promoção e integração da pesquisa e da extensão rurais.

Conforme Berchin *et al.* (2019), em termos de fortalecimento da segurança alimentar, a estrutura de políticas agrícolas no Brasil é intrinsecamente focada na agricultura familiar, e tais políticas contribuem para aprimorar a segurança alimentar. Dessarte, a agricultura familiar, em consórcio com a agricultura de larga escala, é crucial para a segurança alimentar brasileira e global.

Não obstante, em áreas maiores como a Amazônia, os agricultores menores ocupam uma ampla faixa de terras e em grande número de casos carecem de assistência técnica, tecnologia de produção e mercados. Segundo Stabile *et al.* (2020), prover assistência técnica de qualidade a esses pequenos produtores pode ajudá-los a melhor alinhar práticas de produção com oportunidades locais,³ aumento de renda da propriedade e melhores condições de vida, com paralela redução da pressão por desmatamento.

Quanto à Amazônia brasileira, Azevedo-Ramos *et al.* (2020) avaliaram a região Norte⁴ do país e identificaram 49,8 milhões de hectares de florestas públicas não precisamente designadas pelos governos federal ou estadual, as denominadas florestas públicas não designadas (FPND). Historicamente, tais florestas têm se mostrado vulneráveis à especulação de terras. De igual relevância são a seriedade e a precariedade da proteção das FPNDs da Amazônia brasileira, a rápida conversão das florestas fora dessas áreas e a elevada flexibilidade nas políticas de terras, que clamam pela introdução imediata de alguma forma de conservação nessas áreas. Assim, uma questão nevrálgica é a consolidação da propriedade da terra em áreas da Amazônia, o que demanda múltiplas ações de políticas públicas.

3. Para um estudo de caso nesse âmbito, ver Rodrigues *et al.* (2022).

4. Para uma avaliação abrangente sobre os desafios de ocupação territorial na região Norte, incluindo-se o papel da agricultura, ver Pêgo e Moura (2018) e Pêgo *et al.* (2018).

Na Europa e em muitos países, as autoridades governamentais nacionais e locais empregam diferentes meios de estimular o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental das áreas por meio da consolidação da propriedade da terra. No caso brasileiro essa é uma providência ainda mais necessária, especialmente na Amazônia, que possui variados níveis de modernização agrícola. Sobre esse ponto, Lobão e Statuto (2020) identificaram um padrão heterogêneo e dual da modernização agrícola na Amazônia brasileira, e as regiões norte e oeste amazônicas apresentam os piores indicadores de modernização agrícola, enquanto as regiões ao sul e leste (Amazônia oriental) apresentam os melhores indicadores.

Em termos dessa região, de acordo com West e Fearnside (2021), houve um expressivo declínio entre 2004 e 2012 das historicamente altas taxas de desmatamento na Amazônia, parte do qual (especialmente pós-2007) pode ser atribuído ao Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)⁵ e parte a fatores econômicos como os preços de *commodities* e as taxas de câmbio que afetam a lucratividade das exportações agrícolas.

A Amazônia brasileira contempla 70% das florestas tropicais do planeta e é essencial para a economia do país porque ela mantém a biodiversidade, prove o sustento de populações indígenas e locais e oferta serviços ecossistêmicos, a exemplo da provisão de água, estabilização do solo, prevenção de enchentes e regulação climática (Kauano *et al.*, 2020).

De acordo com Alves *et al.* (2021), entre 1985 e 2015, aproximadamente 50% das florestas primárias na Amazônia, sobretudo florestas tropicais, foram convertidas para outros tipos de uso da terra. Seus resultados concluíram que a combinação de projetos de assentamento, presença de áreas protegidas e participação da comunidade local tem ajudado a prevenir a fragmentação da floresta e o desmatamento na região, além de identificar que os projetos de assentamento *per se* não são suficientes para mitigar a fragmentação da floresta.

Nessa mesma tônica, Porro e Porro (2022) argumentaram que os sistemas de fronteira da floresta Amazônica têm uma capacidade limitada de resistir a perturbações extremas nos domínios social e ecológico interconectados, e que quando um ponto limite é atingido em sistemas caracterizados por assimetrias sociais institucionalizadas

5. Segundo Brasil (2016), o PPCDAm foi criado em 2004 e tem como objetivo reduzir de forma contínua o desmatamento e criar as condições para a transição para um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal.

que restringem a ação dos usuários de recursos vulneráveis, poucas condições restam para reorganizar a configuração original por meio de mudanças adaptativas.

Conforme Ferreira e Féres (2020), há ainda um amplo espaço para a intensificação do uso da terra, o que permitiria a expansão agrícola sem posteriores perturbações da floresta. Todavia, muitos desafios precisam ser superados para efetivar tal potencial. Como exemplo, os estados da região precisam controlar a ilegalidade, reforçar as políticas públicas em curso e promover políticas inovativas para deter o desmatamento e capacitar uma recuperação da floresta em larga escala (Celentano *et al.*, 2022). Nesse âmbito, como registrado por Silva *et al.* (2021), novas políticas, parcerias público-privadas e mecanismos de financiamento inovadores precisam ser estabelecidos para suprir os amplos déficits de financiamento no sistema de FPND,⁶ incluída a Amazônia.

Outra área de fronteira agrícola no Brasil inclui trechos da região Nordeste, no chamado Matopiba, o que se confunde também com áreas de clima mais seco (semiárido) e restrição hídrica. Porém, tais áreas são particularmente sensíveis à mudança climática e, de modo a alcançar águas subterrâneas e possibilitar segurança energética, as paisagens agrícolas nessas áreas exigem mais práticas de conservação (inclusive a restauração de áreas degradadas), maior diversificação das práticas agrícolas e melhor integração das iniciativas individuais⁷ em escalas espaciais maiores (Araújo *et al.*, 2021).

No cenário brasileiro, é preciso ainda registrar que requerimentos logísticos podem também afetar o perfil de expansão de áreas agrícolas. Exemplarmente, a expansão da soja em Mato Grosso está fortemente associada com a presença de outros campos da oleaginosa e de armazéns no raio de 50 km a 100 km (Celidonio, Werner e Gil 2019). Ademais, conforme Magalhães *et al.*, (2020), a implementação da moratória da soja na Amazônia Legal em 2006 teve consequências além do controle do desmatamento na região.

Lima, Crouzeilles e Vieira (2020) avaliaram o bioma Pampa e concluíram que a combinação de áreas estritamente protegidas com a presença de áreas de uso sustentável pode ser uma estratégia efetiva. Em grandes linhas, esse argumento pode ser estendido aos demais biomas brasileiros.

6. Aqui, segundo Cruz *et al.* (2022), é importante ter em conta que, quando os produtores resguardam as áreas de proteção em suas propriedades, eles conservam o solo e recursos hídricos, assim como contribuem para a manutenção da biodiversidade.

7. Como caso exemplar, Carlos, Cunha e Pires (2019) analisaram a relação entre o conhecimento dos produtores sobre mudanças climáticas e a adoção de estratégias adaptativas na Bahia e identificaram que os fazendeiros conscientes dos efeitos das mudanças climáticas são mais propensos à adaptação.

Relativamente às áreas alagadas e pantanosas (os denominados Ramsar sítios, protegidos pela Convenção das Áreas Pantanosas), Ribeiro *et al.* (2020) concluíram que esses espaços estão relativamente bem conservados nos sítios brasileiros assim definidos e avaliados no estudo. Conforme os autores, a baixa perturbação antrópica dentro dos sítios sugere que as pressões humanas externas não afetaram ainda as áreas centrais desses espaços.

Nessa discussão, de acordo com Barbosa, Alves e Grelle (2021), o governo federal brasileiro, entre 2019 e 2022, desorganizou as leis ambientais do país, e a consequente ausência de governança ambiental poderá resultar em sérios impactos negativos sobre a biodiversidade e o bem-estar humano. Embora alguns analistas realcem os efeitos negativos desse processo (Sauer e Leite, 2012), sobretudo aqueles oriundos da expansão pecuária e da soja, outros estudos (Sparovek *et al.*, 2016) argumentam que a expansão agrícola pode servir tanto aos interesses conservacionistas quanto aos interesses dos produtores agrícolas.

Finalmente, há também avaliações que se debruçaram sobre o Código Florestal Brasileiro (CFB). Há muitas expectativas de que o *enforcement* do código será bússola para uma vigorosa recuperação florestal em larga escala e para a mitigação de emissões de carbono (Hissa *et al.*, 2019). Para os autores, o comércio de certificados lançados a partir de florestas recuperadas pode representar uma estratégia de baixo custo para a execução das normatizações do CFB, ou seja, um caminho para atingir objetivos de recuperação, bem como uma fonte adicional de renda para os detentores da terra. De outra parte, Mueller (2018) advoga que a questão fundamental do CFB é o nível de incerteza quanto à discrepância entre as normatizações legais e a realidade factual dos direitos de propriedade no país.

3 METODOLOGIA E FONTES DE DADOS

O estudo emprega dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁸ e contempla áreas destinadas à colheita⁹ no nível das mesorregiões brasileiras para o período 1995-2020, relativas exclusivamente às safras permanentes – essas incluem abacate, algodão arbóreo, açaí, azeitona, banana, borracha, cacau, café, caju, caqui, castanha-de-caju, chá da Índia, coco-da-baía, dendê, erva mate, figo, goiaba, guaraná, laranja, limão, maçã, mamão, manga, maracujá, marmelo, noz, palmito, pera, pêssego, pimenta do reino, sisal, tangerina, tungue, urucum e uva.

8. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

9. Para os propósitos aqui definidos, refere-se sempre às áreas agrícolas de safras permanentes.

A metodologia abarca quatro estágios concatenados. Em primeiro plano, de modo a selecionar as mesorregiões, estabelece-se um limite de corte. A seguir, calcula-se o coeficiente de correlação de Spearman, com o friso de detectar as mesorregiões nas quais há uma tendência temporal em termos de participação na área destinada à colheita de safras permanentes no período 1995-2020. Já no terceiro estágio, uma tendência temporal é estimada para tais mesorregiões. E, por fim, a análise de *clusters* é realizada, de modo a identificar os grupos de mesorregiões similares no que concerne à tendência participativa na expansão de área agrícola de culturas permanentes no período avaliado.

Cada um desses estágios é detalhado nas subseções a seguir.

3.1 Seleção das mesorregiões

De acordo com IBGE,¹⁰ o Brasil é composto por 137 mesorregiões. Nesse universo, somente serão avaliadas aquelas com ritmo superior de expansão de área agrícola para safras permanentes (área agrícola destinada à colheita). Como parâmetro de corte, estabeleceu-se que o limite inferior (ou corte) será dado pela taxa geométrica de crescimento (TGC) anual da área agrícola do Brasil, entre 1995 e 2020, conforme a seguir definida:

$$TGC_{Br} = 26 \sqrt[26]{\frac{\text{Área destinada à colheita}_{2020}}{\text{Área destinada à colheita}_{1995}}} - 1 . \quad (1)$$

Isso posto, apenas serão mensuradas na subseção 3.2 as mesorregiões com TGC superior àquela verificada para o Brasil (nível nacional) entre os 26 anos avaliados.

3.2 Coeficiente de correlação de Spearman

Definindo-se Sh_i como a participação da mesorregião na área agrícola brasileira, utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman para aferir se há trajetória tendencial de Sh_i durante o intervalo 1995-2020. O teste correspondente enquadra-se no conjunto de testes não paramétricos e não exige que os dados originais sejam normalmente distribuídos (Conover, 1999; Morettin e Toloi, 2006). Dessa maneira, trata-se de calcular o coeficiente de correlação entre o posto natural dos níveis de Sh_i e sua respectiva estrutura temporal, sendo ele calculado conforme as equações (2) e (3).

10. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

$$\rho = 1 - \frac{6.d}{N.(N^2-1)}, \quad (2)$$

em que

$$d = \sum_1^T [R_t - t]^2. \quad (3)$$

R_t é o posto da variável ao ser ordenada crescentemente no tempo e $t = 1, 2, 3, \dots$ e T é o posto natural dos diferentes momentos no intervalo temporal considerado. O conceito subjacente ao teste é que a diferença identificada entre R_t e t afeta diretamente a probabilidade de rejeitar a nulidade da tendência temporal que se deseja testar.

3.3 Avaliação da tendência temporal

Para as mesorregiões nas quais o coeficiente de correlação de Spearman identifique uma tendência temporal não nula, essa será estimada. Como primeira aproximação emprega-se a abordagem linear,¹¹ na qual o tempo (T) é a variável explicativa de Sh_i , consoante a equação (4), na qual o termo u_i é assumido com as hipóteses clássicas sobre os resíduos em regressões lineares.

$$Sh_i = \beta_0 + \beta_1.T + u_i. \quad (4)$$

Essa abordagem decompõe a soma de quadrados total (SQT) em soma de quadrados explicada (SQE) e em soma de quadrados dos resíduos – SQR (Barreto e Howland, 2006), consoante descrito na equação (5), na qual Sh_{im} é a participação média de cada região na área agrícola brasileira para culturas permanentes no período 1995-2020, Sh_{ie} é o valor estimado em cada ponto e e_e é o resíduo correspondente.

$$SQT = SQE + SQR = \sum_{t=1}^T (Sh_i - Sh_{im})^2 = \sum_{t=1}^T (Sh_{ie} - Sh_{im})^2 + \sum_{t=1}^T (e_e)^2 \quad (5)$$

Dispondo-se das fontes de variação e dos graus de liberdade de cada componente da equação (5), pode-se estabelecer a tabela de análise de variância (Anova), tabela 1, cujo teste F possibilita avaliar a significância estatística dos coeficientes da equação (4).

TABELA 1
Análise de variância (Anova)

Fonte (A)	Graus de liberdade (B)	Quadrado médio = (A)/(B)	Teste F
SQE	1	SQE/1 = QME	F = QME/QMR
SQR	(n-2)	SQR/(n-2) = QMR	
SQT	(n-1)	SQT/(n-1)	

Fonte: Barreto e Howland (2006).
Elaboração do autor.

11. Com a disponibilidade de uma série de dados mais extensa, abordagens mais complexas podem vir a ser aplicadas, a exemplo da inclusão de termos sazonais e/ou de estruturas não lineares.

3.4 Clusters das mesorregiões na fronteira agrícola brasileira

A última etapa metodológica refere-se à análise de *clusters*. Esse estágio toma em conta somente as mesorregiões selecionadas com base nas subseções precedentes. A análise de *clusters* é uma ferramenta que tem sido utilizada para detectar similaridades entre indivíduos de um universo de observações e tem uso secular. Sua aplicação inclui áreas de pesquisa diversas, como a arqueologia (Driver e Kroeber, 1932), a psicologia e a psiquiatria (Zubin, 1938a; 1938b), análises de características taxonômicas (Sokal e Sneath, 1963) e, também, agronomia (Castro, 2004).

Duas são as vertentes básicas presentes na análise de grupamentos e dizem respeito aos esquemas aglomerativos empregados. Os esquemas aglomerativos são os métodos de agrupamentos dos indivíduos do universo inicial de observações em subconjuntos menores, e podem ser divididos em métodos hierárquicos e métodos não hierárquicos. Os primeiros utilizam um procedimento passo a passo para gerar os *clusters*, enquanto os esquemas não hierárquicos partem de algoritmos que maximizam a homogeneidade dos grupos gerados, sem, contudo, empreender um procedimento hierárquico.

Entre os métodos aglomerativos hierárquicos, os mais comumente usados são os da ligação única (vizinho mais próximo), da ligação completa (vizinho mais distante) ou da vizinhança média. Tais métodos não demandam um número preestabelecido de *clusters* que funcionem como núcleos de aglutinação. Por outro lado, entre os métodos aglomerativos hierárquicos o mais recorrentemente utilizado é o procedimento *k-means*, no qual se estabelece um número de centros de aglomeração que será base para a alocação dos indivíduos conforme sua proximidade maior ou menor a esses centros.

Neste estudo, salvo apontamento em contrário, seguiram-se os procedimentos de Johnson e Wichern (2007) e o método aglomerativo hierárquico foi usado para investigar o número de *clusters* presente. De posse dessa informação, essa foi aplicada como insumo para a execução do método aglomerativo não hierárquico *k-means*.

Como distância de análise utilizou-se a distância euclidiana, que é consagrada na literatura do método, com uso do procedimento do vizinho mais próximo (ligação única) para o esquema aglomerativo hierárquico. Tal abordagem é adequada quando as observações demonstram elevada variabilidade nas características ou variáveis de mensuração (Fávero e Belfiore, 2020), que é o que se verificou nesse conjunto de observações, tendo-se em vista que a amplitude e a variabilidade das variáveis aferidas cresceram ao longo do período 1995-2020 entre as mesorregiões selecionadas.

A distância euclidiana é definida como uma função das variáveis associadas a dois elementos amostrais quaisquer e pode ser expressa como na equação (6), em que o termo i é a variável ou característica medida em cada elemento amostral e k é o número de elementos avaliados.

$$d(X_1, X_k) = [(X_1 - X_k) \wedge (X_1 - X_k)]^{\frac{1}{2}} = [\sum_{i=1}^p (X_{i1} - X_{ik})^2]^{\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

Os cálculos compõem-se de dois estágios. Em primeiro plano, aplica-se o método hierárquico aglomerativo, o que indica o número de *clusters* que melhor se ajusta ao conjunto de mesorregiões anteriormente selecionadas. Em um segundo instante, essa informação é utilizada para implementar o método aglomerativo não hierárquico *k-means*. À proporção que os métodos aglomerativo hierárquico e não aglomerativo *k-means* tenham sido aplicados, seus resultados podem ser cotejados.

Complementarmente, é possível testar a presença de diferentes médias entre os grupos de mesorregiões gerados por meio do teste F (Barreto e Howland, 2006; Greene, 2017) já previamente definido, conforme as hipóteses a seguir.

- H_0 : a variável (tendência temporal) apresenta igual média para todos os *clusters*.
- H_a : a variável (tendência temporal) apresenta ao menos uma média distinta entre os *clusters*.

Permite-se, dessa forma, executar uma aferição adicional tanto para o procedimento aglomerativo hierárquico quanto para o procedimento aglomerativo não hierárquico *k-means*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TGC da área agrícola brasileira para safras permanentes entre 1995 e 2020 foi de -0,3%. Das 137 mesorregiões brasileiras, sessenta tiveram TGC igual ou superior a esse valor no mesmo período. A tabela 2 exhibe tais resultados em ordem decrescente, e os passos metodológicos subsequentes serão conduzidos somente com tais mesorregiões.

TABELA 2**Mesorregiões selecionadas de acordo com a TGC (1995-2020)**

Mesorregião (UF)	TGC (%)
Marajó (PA)	10,0
Norte do Amapá (AP)	8,3
Sudeste paranaense (PR)	8,2
São Francisco pernambucano (PE)	7,0
Sertão sergipano (SE)	6,9
Sul do Amapá (AP)	6,7
Sul de Roraima (RR)	6,6
Nordeste paraense (PA)	5,8
Leste de Mato Grosso do Sul (MS)	5,5
Extremo oeste baiano (BA)	5,4
Vale são-franciscano da Bahia (BA)	5,3
Madeira-Guaporé (RO)	4,7
Norte de Minas (MG)	4,6
Sudoeste amazonense (AM)	3,9
Centro-Sul paranaense (PR)	3,8
Metropolitana de Belém (PA)	3,8
Noroeste de Minas (MG)	3,6
Sertão alagoano (AL)	3,6
Centro goiano (GO)	3,5
Serrana (SC)	3,5
Noroeste fluminense (RJ)	3,3
Leste alagoano (AL)	3,3
Vale do Itajaí (SC)	3,1
Oeste paranaense (PR)	2,9
Sudoeste paraense (PA)	2,8
Agreste alagoano (AL)	2,6
Vale do Juruá (AC)	2,5
Sudoeste rio-grandense (RS)	2,2
Centro norte de Mato Grosso do Sul (MS)	2,2
Baixo Amazonas (PA)	1,9
Bauru (SP)	1,9
Nordeste rio-grandense (RS)	1,8

(Continua)

(Continuação)

Mesorregião (UF)	TGC (%)
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	1,5
Leste goiano (GO)	1,4
Marília (SP)	1,4
Metropolitana de Curitiba (PR)	1,4
Norte catarinense (SC)	1,4
Norte de Roraima (RR)	1,2
Sul amazonense (AM)	1,2
Itapetininga (SP)	1,1
Sul/sudoeste de Minas (MG)	1,1
Assis (SP)	1,1
Campo das Vertentes (MG)	0,9
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	0,8
Oeste de Minas (MG)	0,8
Centro oriental paranaense (PR)	0,6
Mata pernambucana (PE)	0,6
Zona da mata (MG)	0,5
Noroeste cearense (CE)	0,4
Araçatuba (SP)	0,3
Centro amazonense (AM)	0,2
Litoral norte espírito-santense (ES)	0,2
Litoral sul paulista (SP)	0,1
Sudeste paraense (PA)	-0,1
Centro ocidental rio-grandense (RS)	-0,1
Norte cearense (CE)	-0,1
Sul goiano (GO)	-0,1
Central espírito-santense (ES)	-0,1
Vale do rio Doce (MG)	-0,2
Norte pioneiro paranaense (PR)	-0,2
Brasil	-0,3

Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Elaboração do autor.

Obs.: UF – Unidade da Federação.

Para as culturas permanentes aqui avaliadas, as sessenta mesorregiões selecionadas detinham 36% da área brasileira destinada à colheita (área agrícola de culturas

TEXTO para DISCUSSÃO

permanentes) em 1995 e 57% em 2020; vale dizer que elas experienciaram um crescimento de 21 pontos percentuais (p.p.) na área destinada à colheita em 26 anos.

Essas mesorregiões concentraram-se em duas regiões brasileiras: dezessete mesorregiões na região Sudeste e quinze mesorregiões na região Norte. As regiões Sul, Nordeste e Centro-Oeste apresentaram, respectivamente, doze, dez e seis mesorregiões selecionadas. No nível de UF, tais mesorregiões concentraram-se em quatro: oito em Minas Gerais, seis no Pará, seis no Paraná e seis em São Paulo.

4.1 Teste do coeficiente de Spearman para as mesorregiões selecionadas

Uma vez que as mesorregiões objetivo do estudo tenham sido selecionadas, o passo seguinte é a análise do teste do coeficiente de correlação de Spearman. A tabela 3 exhibe os resultados do teste para a área agrícola de safras permanentes nas mesorregiões selecionadas no período 1995-2020.

TABELA 3

Teste do coeficiente de Spearman para as mesorregiões selecionadas (1995-2020)

Mesorregião (UF)	Teste do coeficiente de Spearman
Marajó (PA)	0,096
Norte do Amapá (AP)	0,831***
Sudeste paranaense (PR)	0,407*
São Francisco pernambucano (PE)	0,969***
Sertão sergipano (SE)	0,764***
Sul do Amapá (AP)	0,316
Sul de Roraima (RR)	0,905***
Nordeste paraense (PA)	0,929***
Leste de Mato Grosso do Sul (MS)	0,163
Extremo oeste baiano (BA)	0,270
Vale são-franciscano da Bahia (BA)	0,858***
Madeira-Guaporé (RO)	0,470**
Norte de Minas (MG)	0,990***
Sudoeste amazonense (AM)	-0,61***
Centro-sul paranaense (PR)	0,106
Metropolitana de Belém (PA)	0,126
Noroeste de Minas (MG)	0,983***
Sertão alagoano (AL)	0,517***
Centro goiano (GO)	0,968***
Serrana (SC)	0,976***
Noroeste fluminense (RJ)	0,971***

(Continua)

(Continuação)

Mesorregião (UF)	Teste do coeficiente de Spearman
Leste alagoano (AL)	0,494**
Vale do Itajaí (SC)	0,979***
Oeste paranaense (PR)	-0,51***
Sudoeste paraense (PA)	0,942***
Agreste alagoano (AL)	0,762***
Vale do Juruá (AC)	0,716***
Sudoeste rio-grandense (RS)	0,898***
Centro norte de Mato Grosso do Sul (MS)	-0,23
Baixo Amazonas (PA)	0,835***
Bauru (SP)	0,901***
Nordeste rio-grandense (RS)	0,979***
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	0,850***
Leste goiano (GO)	0,781***
Marília (SP)	0,567***
Metropolitana de Curitiba (PR)	0,182
Norte catarinense (SC)	0,922***
Norte de Roraima (RR)	0,730***
Sul amazonense (AM)	-0,26
Itapetininga (SP)	0,693***
Sul/sudoeste de Minas (MG)	0,756***
Assis (SP)	0,541***
Campo das Vertentes (MG)	0,408*
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	-0,44*
Oeste de Minas (MG)	0,885***
Centro oriental paranaense (PR)	0,450*
Mata pernambucana (PE)	-0,38
Zona da mata (MG)	0,896***
Noroeste cearense (CE)	0,851***
Araçatuba (SP)	-0,04
Centro amazonense (AM)	-0,53***
Litoral norte espírito-santense (ES)	0,867***
Litoral sul paulista (SP)	0,078
Sudeste paraense (PA)	0,232
Centro ocidental rio-grandense (RS)	0,844***
Norte cearense (CE)	0,517***
Sul goiano (GO)	0,232
Central espírito-santense (ES)	-0,36
Vale do rio Doce (MG)	-0,77***
Norte pioneiro paranaense (PR)	-0,50**

Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Elaboração do autor.

Obs.: Nível de significância: *** 1%; ** 2%; e * 5%.

TEXTO para DISCUSSÃO

O teste do coeficiente de correlação de Spearman indicou que 45 mesorregiões apresentam tendência temporal para suas participações na área agrícola de safras permanentes entre 1995 e 2020. Essas mesorregiões concentraram-se em três grandes regiões brasileiras: quatorze no Sudeste, dez no Sul, e dez no Norte.

No nível de UF, Minas Gerais (oito), São Paulo (quatro) e Paraná (quatro) foram as que tiveram maior número de observações. Segundo Stege e Bacha (2020), esses estados são aqueles em que existem *clusters* agrícolas no Brasil. Além disso, das sessenta mesorregiões avaliadas nesse estágio, quinze não exibiram tendência temporal significativa estatisticamente; dessarte, elas foram excluídas dos procedimentos metodológicos seguintes.

4.2 Tendência temporal

Consoante os resultados da subseção anterior, a tendência temporal foi calculada para 45 mesorregiões brasileiras. Ela mensura a tendência temporal da participação de cada mesorregião na área agrícola brasileira para lavouras permanentes entre 1995 e 2020. A tabela 4 ilustra os resultados correspondentes.

TABELA 4

Tendência temporal da participação das mesorregiões na área agrícola destinada à colheita, safras permanentes (1995-2020) – Brasil

Mesorregião (UF)	Tendência temporal
Norte do Amapá (AP)	0,00000482***
Sudeste Paranaense (PR)	0,0001019***
São Francisco pernambucano (PE)	0,0002174***
Sertão sergipano (SE)	0,00000547***
Sul de Roraima (RR)	0,0000573***
Nordeste paraense (PA)	0,0018865***
Vale são-franciscano da Bahia (BA)	0,0001862***
Madeira-Guaporé (RO)	0,0000799***
Norte de Minas (MG)	0,0002037***
Sudoeste amazonense (AM)	-0,0000716***
Noroeste de Minas (MG)	0,0000982***
Sertão alagoano (AL)	0,00000451**
Centro goiano (GO)	0,0000912***
Serrana (SC)	0,00008***

(Continua)

(Continuação)

Mesorregião (UF)	Tendência temporal
Noroeste fluminense (RJ)	0,0000501***
Leste alagoano (AL)	0,0001634***
Vale do Itajaí (SC)	0,0000407***
Oeste paranaense (PR)	-0,0000235*
Sudoeste paraense (PA)	0,0004891***
Agreste alagoano (AL)	0,00000574***
Vale do Juruá (AC)	0,00000756***
Sudoeste rio-grandense (RS)	0,0000113***
Baixo Amazonas (PA)	0,0000865***
Bauru (SP)	0,0004443***
Nordeste rio-grandense (RS)	0,0002864***
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	0,0005903***
Leste goiano (GO)	0,0000274***
Marília (SP)	0,0000413*
Norte catarinense (SC)	0,0000844***
Norte de Roraima (RR)	0,00000807***
Itapetininga (SP)	0,0000568***
Sul/sudoeste de Minas (MG)	0,0006875***
Assis (SP)	0,0000944***
Campo das Vertentes (MG)	0,0000212*
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	-0,00000636***
Oeste de Minas (MG)	0,0001297***
Centro oriental paranaense (PR)	0,00000205
Zona da mata (MG)	0,0003166***
Noroeste cearense (CE)	0,0001748***
Centro amazonense (AM)	-0,000077***
Litoral norte espírito-santense (ES)	0,0001969***
Centro ocidental rio-grandense (RS)	0,0000026***
Norte cearense (CE)	0,0001796***
Vale do rio Doce (MG)	-0,000153***
Norte pioneiro paranaense (PR)	-0,0000542**

Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Elaboração do autor.

Obs.: Nível de significância: *** 1%; ** 2%; e * 5%.

Quarenta e quatro mesorregiões exibiram tendências temporais significativas em 1%, 2% ou 5% para suas participações na área destinada à colheita (safras permanentes) no Brasil entre 1995 e 2020.¹² A maioria delas com tendência positiva, ainda que sudoeste amazonense, oeste paranaense, sudoeste de Mato Grosso do Sul, centro amazonense, vale do rio Doce e norte pioneiro paranaense tenham apresentado tendências temporais negativas.

As novas mesorregiões líderes nesse recorte foram o nordeste paraense, sul/sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sudoeste paraense, Bauru, zona da mata, nordeste rio-grandense, são Francisco pernambucano e norte de Minas. Elas apresentaram tendências temporais em suas participações na área agrícola destinada à colheita no intervalo [0,0018865; 0,0002037], o que pode se traduzir em efeitos acumulados substantivos ao longo do tempo. De forma marcante, nenhuma mesorregião do Centro-Oeste pertence a esse grupo líder em termos das safras permanentes brasileiras.

Um segundo grupamento a ser citado é aquele cujas tendências temporais em suas participações na área agrícola destinada à colheita situam-se no intervalo [0,0002;0,0001]. Litoral norte espírito-santense, vale são Franciscano da Bahia, norte cearense, noroeste cearense, leste alagoano, oeste de Minas e sudeste paranaense compõem esse subconjunto. Esse grupamento é basicamente constituído por mesorregiões do Sudeste e do Nordeste.

Ademais dessas considerações, a maioria das áreas analisadas, em um agregado de quinze mesorregiões, é formada por mesorregiões cujas tendências temporais em suas participações na área agrícola destinada à colheita pertencem ao intervalo [0,0001; 0,00001], isto é, noroeste de Minas, Assis, centro goiano, baixo Amazonas, norte catarinense, Serrana, Madeira-Guaporé, sul de Roraima, Itapetininga, noroeste fluminense, Marília, vale do Itajaí, leste goiano, Campo das Vertentes e sudoeste rio-grandense. Nesse subgrupo deve ser destacada a presença de seis mesorregiões do Sudeste.

4.3 Análise de *clusters* das mesorregiões selecionadas

A presente subseção discute determinadas medidas de dispersão para o procedimento de *clusters*, de modo a selecionar o método aglomerativo hierárquico apropriado. Quanto maiores as medidas de dispersão mais apropriado o método do vizinho mais próximo (ligação única), que melhor se enquadra para os casos em que as observações estão distantes umas das outras. Quanto menores as medidas de dispersão, mais apropriado

12. A mesorregião do centro oriental paranaense foi rejeitada estatisticamente.

o método do vizinho mais distante (ligação completa), que é adequado quando os indivíduos estão próximos entre si.

Os dados contemplam somente as 44 mesorregiões selecionadas conforme os passos metodológicos anteriores. A tabela 5 exhibe duas medidas de dispersão. A primeira delas é o desvio-padrão (DP) para as participações (Sh_i) das mesorregiões selecionadas na área agrícola brasileira destinada à colheita (safras permanentes) de 1995 a 2020. Já a segunda é a amplitude (A) das participações (Sh_i) das mesorregiões selecionadas na área agrícola brasileira destinada à colheita (safras permanentes) de 1995 a 2020. A amplitude mede a diferença entre os valores máximo e mínimo de Sh_i entre as mesorregiões selecionadas de 1995 a 2020.

TABELA 5

Desvio-padrão e amplitude para participação das mesorregiões selecionadas na área agrícola destinada à colheita, safras permanentes (1995-2020) – Brasil

Ano	Desvio-padrão (%)	Amplitude (%)
1995	1,17	6,03
1996	1,19	6,29
1997	1,20	6,48
1998	1,21	6,67
1999	1,21	6,68
2000	1,26	6,88
2001	1,33	7,35
2002	1,34	7,45
2003	1,35	7,58
2004	1,38	7,82
2005	1,31	7,22
2006	1,33	7,47
2007	1,32	7,38
2008	1,33	7,41
2009	1,30	6,95
2010	1,32	7,13
2011	1,33	7,17
2012	1,37	7,32
2013	1,41	7,52

(Continua)

TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Ano	Desvio-padrão (%)	Amplitude (%)
2014	1,43	7,60
2015	1,46	7,29
2016	1,54	7,97
2017	1,56	7,61
2018	1,74	8,76
2019	1,74	8,28
2020	1,83	8,66

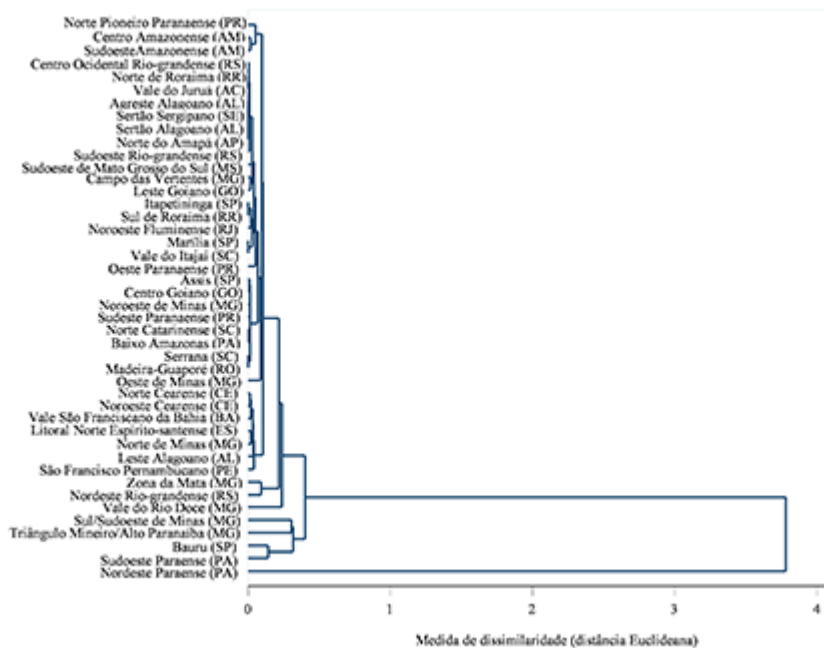
Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.
Elaboração do autor.

Ambas as séries exibiram crescimento ao longo do tempo e uma tendência positiva¹³ no período 1995-2020. Assim, houve dispersão e amplitude crescentes entre as parcelas de área agrícola de safras permanentes entre as mesorregiões analisadas. Nesses termos, o método de ligação única será o método usado para formar os *clusters* iniciais entre as mesorregiões.

4.3.1 O procedimento da análise de *clusters*

A análise de *clusters* baseou-se nas tendências temporais calculadas nos três primeiros estágios metodológicos do trabalho, e o método aglomerativo hierárquico do vizinho mais próximo (ligação única) foi usado para gerar o dendrograma exibido no gráfico 1. Trata-se de um diagrama no formato de árvore que representa as categorias ou as variáveis sob as quais se mensura a similaridade entre grupos de indivíduos em um determinado conjunto de dados bem como é um procedimento consolidado em análises de *clusters*.

13. Para ambas as séries, o teste do coeficiente de correlação de Spearman indicou a presença de tendência temporal, estatisticamente significativas em nível de 1% segundo o procedimento linear.

GRÁFICO 1**Dendrograma para as mesorregiões selecionadas**

Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

O gráfico 1 sugere a existência de treze subgrupos de mesorregiões com base nas similaridades de suas tendências na participação da área agrícola de safras permanentes de 1995 a 2020. Tais subgrupos definem-se a partir dos saltos na medida de dissimilaridade (distância euclidiana) representada no eixo horizontal. Os subgrupos são trazidos adiante.

- 1) Norte pioneiro paranaense, centro amazonense e sudoeste amazonense.
- 2) Centro ocidental rio-grandense, norte de Roraima, vale do Juruá, agreste alagoano, sertão sergipano, sertão alagoano, norte do Amapá e sudoeste rio-grandense.
- 3) Sudoeste de Mato Grosso do Sul, Campo das Vertentes e leste goiano.
- 4) Itapetininga, sul de Roraima, noroeste fluminense, Marília e vale do Itajaí.
- 5) Oeste paranaense.

TEXTO para DISCUSSÃO

- 6) Assis, centro goiano, noroeste de Minas, sudeste paranaense, norte catarinense, baixo Amazonas, Serrana e Madeira-Guaporé.
- 7) Oeste de Minas.
- 8) Norte cearense, noroeste cearense, vale são-franciscano da Bahia, litoral norte espírito-santense, norte de Minas, leste alagoano e são Francisco pernambucano.
- 9) Zona da mata e nordeste rio-grandense.
- 10) Vale do rio Doce.
- 11) Sul/sudoeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.
- 12) Bauru e sudoeste paraense.
- 13) Nordeste paraense.

Em relação aos subgrupos elencados, algumas áreas parecem ser *clusters* por si mesmas, a exemplo do nordeste paraense, vale do rio Doce, oeste de Minas e oeste paranaense. Além disso, algumas mesorregiões contíguas pertencem aos mesmos grupamentos, como no caso de norte cearense-noroeste cearense e de centro amazense-sudoeste amazonense.

Ademais, se $k = 13$, pode-se também implementar o método aglomerativo não hierárquico *k-means*. Assim, torna-se possível comparar os resultados obtidos com base nos dois métodos. O quadro 1 exibe os resultados do método aglomerativo hierárquico (*cluster*) aglomerativo da ligação única e do método aglomerativo não hierárquico *k-means* quando $k = 13$, em consonância com o apresentado no gráfico 1.

QUADRO 1

Grupamentos de mesorregiões conforme os métodos aglomerativos hierárquico e não hierárquico *k-means*

Hierárquico (<i>cluster</i>)		<i>K-means</i> (não hierárquico)	
Mesorregião (UF)	Grupo	Mesorregião	Grupo
Nordeste paraense (PA)	1	Norte do Amapá (AP)	1
Sudoeste paraense (PA)	2	Sertão Sergipano (SE)	1
Bauru (SP)	3	Sertão Alagoano (AL)	1
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	4	Agreste Alagoano (AL)	1
Sul/sudoeste de Minas (MG)	5	Vale do Juruá (AC)	1
Vale do rio Doce (MG)	6	Sudoeste Rio-grandense (RS)	1

(Continua)

(Continuação)

Hierárquico (<i>cluster</i>)		<i>K-means</i> (não hierárquico)	
Mesorregião (UF)	Grupo	Mesorregião	Grupo
Nordeste rio-grandense (RS)	7	Norte de Roraima (RR)	1
Zona da mata (MG)	8	Centro Ocidental Rio-grandense (RS)	1
São Francisco pernambucano (PE)	9	Oeste de Minas (MG)	2
Vale são-franciscano da Bahia (BA)	9	Sudoeste Paraense (PA)	3
Norte de Minas (MG)	9	Bauru (SP)	3
Leste alagoano (AL)	9	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG)	3
Noroeste cearense (CE)	9	Sul/Sudoeste de Minas (MG)	3
Litoral norte espírito-santense (ES)	9	Leste Goiano (GO)	4
Norte cearense (CE)	9	Campo das Vertentes (MG)	4
Oeste de Minas (MG)	10	Sul de Roraima (RR)	5
Sudeste paranaense (PR)	11	Noroeste Fluminense (RJ)	5
Madeira-Guaporé (RO)	11	Vale do Itajaí (SC)	5
Noroeste de Minas (MG)	11	Marília (SP)	5
Centro goiano (GO)	11	Itapetininga (SP)	5
Serrana (SC)	11	Nordeste paraense (PA)	6
Baixo Amazonas (PA)	11	São Francisco pernambucano (PE)	7
Norte catarinense (SC)	11	Vale são-franciscano da Bahia (BA)	7
Assis (SP)	11	Norte de Minas (MG)	7
Norte do Amapá (AP)	12	Leste alagoano (AL)	7
Sertão sergipano (SE)	12	Noroeste cearense (CE)	7
Sul de Roraima (RR)	12	Litoral norte espírito-santense (ES)	7
Sertão alagoano (AL)	12	Norte cearense (CE)	7
Noroeste fluminense (RJ)	12	Madeira-Guaporé (RO)	8
Vale do Itajaí (SC)	12	Serrana (SC)	8
Oeste paranaense (PR)	12	Norte catarinense (SC)	8
Agreste alagoano (AL)	12	Nordeste rio-grandense (RS)	9
Vale do Juruá (AC)	12	Zona da mata (MG)	9
Sudoeste rio-grandense (RS)	12	Sudoeste amazonense (AM)	10
Leste goiano (GO)	12	Centro amazonense (AM)	10
Marília (SP)	12	Vale do rio Doce (MG)	10
Norte de Roraima (RR)	12	Norte pioneiro paranaense (PR)	10
Itapetininga (SP)	12	Sudeste paranaense (PR)	11
Campo das vertentes (MG)	12	Noroeste de Minas (MG)	11
Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	12	Oeste paranaense (PR)	12
Centro ocidental rio-grandense (RS)	12	Sudoeste de Mato Grosso do Sul (MS)	12
Sudoeste amazonense (AM)	13	Centro goiano (GO)	13
Centro amazonense (AM)	13	Baixo Amazonas (PA)	13
Norte pioneiro paranaense (PR)	13	Assis (SP)	13

Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Elaboração do autor.

TEXTO para **DISCUSSÃO**

Os resultados ilustrados no quadro 1 nos permitem discutir quatro pontos. Em primeiro lugar, de acordo com o procedimento hierárquico, dezessete mesorregiões pertencem ao mesmo *cluster* (*cluster* 12), congregando um grupo de áreas não contíguas formado por mesorregiões de todas as cinco regiões do país, mas concentradas nas regiões Norte, Sudeste e Sul.

Ainda na observação do procedimento hierárquico, nove mesorregiões são *clusters* por si mesmas, ou seja, nordeste paraense, sudoeste paraense, Bauru, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sul/sudoeste de Minas, vale do rio Doce, nordeste rio-grandense, zona da mata e oeste de Minas. A maioria dessas situa-se em Minas Gerais.

Outro elemento a destacar é que o método hierárquico reuniu no *cluster* de número 9 basicamente áreas localizadas na região Nordeste, ao passo que no grupamento 11 há mesorregiões de todas as grandes regiões brasileiras, exceto do Nordeste.

Um segundo aspecto fundamental é que, no procedimento não hierárquico *k-means*, as mesorregiões estão mais equanimemente distribuídas do que no procedimento hierárquico (*cluster*). Ademais, pelo método não hierárquico *k-means*, duas mesorregiões são *clusters* por si mesmas, isto é, o oeste de Minas e o nordeste paraense, conforme já havia sido identificado na análise do gráfico 1. De acordo com ambos os procedimentos, tais mesorregiões parecem apresentar papel específico na dinâmica de expansão de área agrícola brasileira consoante as safras permanentes.

Um terceiro ponto é que, independentemente do procedimento em tela, algumas mesorregiões foram agrupadas no mesmo *cluster*. Isso se deu para norte do Amapá, sertão sergipano, sertão alagoano, agreste alagoano, vale do Juruá, sudoeste rio-grandense, norte de Roraima e centro ocidental rio-grandense; leste goiano e Campo das Vertentes; sul de Roraima, noroeste fluminense, vale do Itajaí, Marília e Itapetininga; são Francisco pernambucano, vale são-franciscano da Bahia, norte de Minas, leste alagoano, noroeste cearense, litoral norte espírito-santense e norte cearense; Madeira-Guaporé, Serrana e norte catarinense; sudoeste amazonense, centro amazonense e norte pioneiro paranaense; sudeste paranaense e noroeste de Minas; oeste paranaense e sudoeste de Mato Grosso do Sul; centro goiano, baixo Amazonas e Assis. Em diversos desses grupamentos, mesorregiões geograficamente distantes tiveram tendências similares na participação da expansão de área agrícola de safras permanentes de 1995 a 2020.

Como quarto apontamento, o método *k-means* pareceu ser mais adequado, visto que captou de forma mais clara as dissimilaridades entre as mesorregiões com base em suas tendências de participação na expansão de área agrícola para safras permanentes. Também destacável foi o fato de que áreas contíguas como sertão alagoano-agreste alagoano, sudoeste rio-grandense-centro ocidental rio-grandense e

sudoeste amazonense-centro amazonense foram agrupadas nos mesmos *clusters* em ambos os procedimentos.

Isso posto, os resultados exibidos no quadro 1 foram utilizados para mensurar se os *clusters* gerados apresentavam médias distintas para suas tendências de participação na área destinada à colheita para safras permanentes. A tabela 6 informa resultados correspondentes. O valor crítico do teste F para o caso é de 2,84 em 1% de nível de significância; assim, ratifica-se que os *clusters* formados apresentaram médias diferentes.

TABELA 6

Resultados do teste F para os procedimentos aglomerativos

Procedimento	Teste F _(12,31)
Procedimento hierárquico (<i>cluster</i>)	2.242,33 ***
Procedimento não hierárquico (<i>k-means</i>)	503,5 ***

Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Obs.: Nível de significância: *** 1%.

Como síntese, a figura 1 ilustra os principais resultados até aqui discutidos. Ela sumariza os resultados da tabela 4 e do quadro 1, de modo a apresentar as mesorregiões líderes, o segundo grupamento relevante, e ainda áreas adicionais que devem ser realçadas na condição de *clusters* por si mesmas na expansão de área agrícola brasileira segundo as safras permanentes.

FIGURA 1**Áreas destacadas na expansão de safras permanentes – Brasil (1995-2020)****Mesorregiões líderes.**

1. Sul/Sudoeste de Minas.
2. Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.
3. Sudoeste Paraense.
4. Bauru.
5. Zona da Mata.
6. Nordeste Rio-grandense.
7. São Francisco Pernambucano.
8. Norte de Minas.

Segundo grupamento relevante.

9. Litoral Norte Espírito-santense.
10. Vale São Franciscano da Bahia.
11. Norte Cearense.
12. Noroeste Cearense.
13. Leste Alagoano.
14. Sudeste Paraense.

Áreas adicionais a destacar (clusters por si mesmas)

15. Oeste de Minas.
16. Nordeste Paraense.
17. Vale do Rio Doce.



Fonte: IBGE. Disponível em: <<https://bit.ly/3Ad0s5m>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

Elaboração do autor.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

4.4 Ilações

Os resultados até aqui discutidos destacam as mesorregiões do Sudeste (especialmente em Minas Gerais), do Nordeste (com ênfase no Ceará) e do Norte (sobretudo no Pará) em termos de dinâmica de expansão de área agrícola de safras permanentes. Notavelmente, as mesorregiões do Centro-Oeste não se mostraram relevantes nesse recorte, provavelmente por conta de que suas áreas experimentaram, desde a década de 1980, um grande crescimento de área para safras temporárias,¹⁴ a exemplo de milho, soja e algodão.

A partir dessa observação, algumas ideias podem ser discutidas no nível de ilações. Em primeiro plano, as mesorregiões do Nordeste aqui evidenciadas podem se beneficiar da expansão e consolidação de trechos ferroviários, como a integração das ferrovias Norte-Sul e Oeste-Leste, por exemplo. Elas representam ligações com

14. Sobre a expansão de área agrícola no Brasil segundo as lavouras temporárias, ver Freitas (2022).

os portos do Maranhão e a opção de transporte multiproduto em trocas com as áreas industriais do Sul-Sudeste. Ao mesmo tempo, a integração ferroviária Oeste-Leste tem efeitos diretos sobre os corredores ferroviários da Bahia e do Tocantins.

Um segundo aspecto é que questões de infraestrutura continuam no coração da expansão de área agrícola nas mesorregiões setentrionais.¹⁵ Conforme Ferrante, Andrade e Fearnside (2021), novas estradas estão sendo pavimentadas, como a BR-319, que conecta Porto Velho a Manaus em uma porção relativamente intacta da Amazônia, o que pode ser prejudicial ao penetrar em seções relativamente preservadas da floresta.

Nesse aspecto, com vistas a minimizar os riscos associados à ocupação irregular que resulta em processos antrópicos relacionados ao uso e à cobertura de solo, é preciso monitorar as áreas próximas às rodovias (Barros, Andrade e Souza Júnior, 2022). Sobretudo nas mesorregiões da região Norte, um elemento crucial, de acordo com Arvor *et al.* (2021), é o acurado mapeamento do uso do solo na Amazônia com vistas à implementação de políticas ambientais.

Ademais, integrar as mesorregiões setentrionais brasileiras na economia nacional sem expressivo prejuízo ambiental requer um conjunto de diversas políticas públicas articuladas, incluindo-se aquelas que objetivam melhorias no dinamismo econômico local. Isso pode estimular a oferta regional de insumos agrícolas e criar mercados locais próximos para os produtos agrícolas.

Em terceiro lugar, o desmatamento ocorre primariamente nos locais em que os direitos de propriedade não estão claramente estabelecidos, e, por vezes, se dá em áreas sob responsabilidade direta ou indireta do Estado (Reydon, Fernandes e Telles, 2020). Isso implica que os esforços para mitigar o desmatamento serão possíveis apenas por meio de uma mais eficiente governança da propriedade do solo, em especial na região amazônica, mas que *mutatis mutandis* também se aplica a todos os subespaços geográficos brasileiros.

Como mensagem geral, a propriedade da terra permanece incerta e controversa em muitas partes do Brasil, e um particular desafio das tentativas de aprimorar a segurança da propriedade e da governança da terra no Brasil é a ausência de uma avaliação única e integrada de todos os tipos de terra (Sparovek *et al.*, 2019). Nesse sentido, o esforço para a construção de uma avaliação única e integrada de todos os tipos de terra seria um passo importante na direção de unir institucionalmente as correspondentes políticas públicas.

15. Sobre esse ponto em particular, ver Barros *et al.* (2023) e Caldeira, Lopes e Gasques (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conhecer o *locus* de expansão da área agrícola brasileira é crucial para estruturar e/ou ajustar as respectivas políticas públicas relacionadas a infraestrutura, oferta de crédito, assistência técnica e educação para os produtores. Igualmente, setores privados ligados à provisão de insumos agrícolas podem empregar tal informação para modelar suas estratégias locais de operação e assim também balizar suas decisões de investimento. Isso posto, este estudo objetivou medir e mapear a expansão de área agrícola no Brasil entre 1995 e 2020 no nível das mesorregiões do país e com foco nas safras permanentes.

Nordeste paraense, sul/sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sudoeste paraense, Bauru, zona da mata, nordeste rio-grandense, São Francisco pernambucano e norte de Minas foram as mesorregiões líderes em termos das tendências de participação na área destinada à colheita (safras permanentes) brasileira de 1995 a 2020.

Ao mesmo tempo, um segundo grupamento relevante viu-se composto por litoral norte espírito-santense, vale são-franciscano da Bahia, norte cearense, noroeste cearense, leste alagoano, oeste de Minas e sudeste paranaense. Esse segundo pelotão é constituído basicamente por mesorregiões do Sudeste e Nordeste.

Em termos amplos, os resultados evidenciaram as mesorregiões do Sudeste (Minas Gerais em particular), do Nordeste (principalmente no Ceará e ao longo do rio São Francisco) e na região Norte (com ênfase no Pará) na dinâmica de expansão de área agrícola para safras permanentes. Deve-se também notar que as mesorregiões do Centro-Oeste não foram relevantes nessa avaliação, possivelmente devido ao seu intenso crescimento de área com predomínio de lavouras temporárias (sobretudo soja, milho e algodão) durante os últimos quarenta anos.

Em relação à metodologia aplicada, o método não hierárquico *k-means* pareceu ser mais equânime na alocação das mesorregiões nos respectivos grupamentos *vis-à-vis* o método hierárquico (*cluster*). Nesse aspecto, cumpre registrar que, de acordo com ambos os métodos duas mesorregiões foram *clusters* por si mesmas, isto é, oeste de Minas e nordeste paraense.

Algumas ideias podem ser discutidas no nível de ilações. Em primeiro plano, as mesorregiões do Nordeste aqui delineadas podem beneficiar-se da consolidação e expansão de trechos ferroviários, a exemplo da integração das ferrovias Norte-Sul e Oeste-Leste. Em segundo lugar, questões de infraestrutura seguem cruciais no âmbito da expansão de

área agrícola nas mesorregiões setentrionais, sendo requerido um preciso mapeamento de uso da terra na Amazônia como suporte à implementação de políticas ambientais.

Outro ponto-chave é entender que integrar as mesorregiões ao Norte na economia nacional sem expressivo dano ambiental exige um conjunto variado e articulado de políticas públicas, incluindo-se nesse leque aquelas que objetivam criar maior dinamismo econômico local. Isso pode estimular a oferta local de insumos agrícolas e gerar mercados próximos para aqueles produtos agrícolas. Ademais, esforços para mitigar o desmatamento serão possíveis apenas por meio de uma eficiente governança da terra, especialmente na região amazônica, mas que se aplica *mutatis mutandis* a todos os espaços geográficos brasileiros.

Análises futuras podem dedicar-se a duas frentes, no mínimo. A primeira delas integrar informações de infraestrutura e das mesorregiões líderes aqui mapeadas. E, em segundo plano, implementar avaliações do tipo *top-down* no nível de microrregiões ou de municípios com base nas áreas destacadas, o que pode gerar informação mais detalhada sobre os pontos focais da fronteira agrícola brasileira.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. T. R *et al.* Effects of settlement designs on deforestation and fragmentation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 109, Oct. 2021.
- ANGHINONI G. *et al.* Conservation agriculture strengthen sustainability of Brazilian grain production and food security. **Land Use Policy**, v. 108, Sept. 2021.
- ARAÚJO, H. F. P. de. *et al.* A sustainable agricultural land-scape model for tropical drylands. **Land Use Policy**, v. 100, Jan. 2021.
- ARAÚJO, M. A. de. *et al.* Territorial analysis, development and technical assistance and rural extension for family farming. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 95, n. 2, p. 123-139, 2020.
- ARVOR, D. *et al.* The 2008 map of consolidated rural areas in the Brazilian Legal Amazon state of Mato Grosso: accuracy assessment and implications for the environmental regularization of rural properties. **Land Use Policy**, v. 103, Apr. 2021.
- AWOKUSE, T. O.; XIE, R. Does agriculture really matter for economic growth in developing countries? **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 63, n. 1, p. 77-99, Mar. 2015.
- AZEVEDO-RAMOS, C. *et al.* Lawless land in no man's land: the un-designated public forests in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, Dec. 2020.

BARBOSA L. G.; ALVES, M. A. S.; GRELLE, C. E. V. Actions against sustainability: dismantling of the environmental policies in Brazil. **Land Use Policy**, v. 104, May 2021.

BARRETO, H.; HOWLAND, F. M. **Introductory econometrics**: using Monte Carlo simulation with Microsoft Excel. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 2006.

BARROS, E. R. de O.; ANDRADE, M. O.; SOUZA JÚNIOR, F. L. de. Time-space modeling of irregular occupations around Brazilian highways, based on static grids: case study of BR-408. **Land Use Policy**, v. 114, Mar. 2022.

BARROS, P. S. *et al.* **Corredores bioceânicos e agronegócio**: o caso do algodão brasileiro. Brasília: Ipea, 2023. No prelo.

BERCHIN, I. I. *et al.* The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: the case of Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, p. 573-584, Mar. 2019.

BRAITO, M. *et al.* The plurality of farmers' views on soil management calls for a policy mix. **Land Use Policy**, v. 99, Dec. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle de Desmatamento na Amazônia Legal**. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3AamKVq>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

CALDEIRA, V. C.; LOPES, E. P.; GASQUES, J. G. **Infraestrutura logística do Arco Norte**: características, gargalos e propostas. Brasília: Ipea, 2023. No prelo.

CÂMARA, G. *et al.* **Modelling land use change in Brazil: 2000-2050** – a report by the REDD-PAC project. São Paulo: Fapesp, 2015.

CARAUTA, M. *et al.* Climate-related land use policies in Brazil: how much has been achieved with economic incentives in agriculture? **Land Use Policy**, v. 109, Oct. 2021.

CARLOS, S. M.; CUNHA, D. A. da; PIRES, M. V. Does knowledge about climate change imply adaptation? Analysis of farmers in Northeast Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, p. 455-471, 2019.

CARROCCIO, A. *et al.* The land grabbing in the international scenario: the role of the EU in land grabbing. **Agricultural and Food Economics**, v. 4, n. 12, 2016.

CASTRO, C. N. de. **Definition of site-specific management zones using electrical conductivity and soil fertility attributes by fuzzy logic**. 2004. Thesis (Master's Degree) – São Paulo University, Piracicaba, 2004.

CELENTANO, D. *et al.* Forest restoration to promote a fair post COVID-19 recovery in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 116, May 2022.

CELIDONIO, O. L. M.; WERNER, L. S.; GIL, J. D. B. The determinants of recent soybean expansion in Mato Grosso, Brazil. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 22, n. 2, p. 173-191, 2019.

CONOVER, W. J. (Ed.). **Practical nonparametric statistics**. 2nd. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1999.

CRUZ, D. C. da *et al.* Priority areas for restoration in permanent preservation areas of rural properties in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 115, Apr. 2022.

DRIVER, H. E.; KROEBER, A. L. Quantitative expression of cultural relationships. **University of California Publications in American Archeology and Ethnology**, v. 31, n. 4, p. 211-256, 1932.

DUCKETT, D. *et al.* New 'old' risks on the small farm: iconic species rewilding in Europe. **Land Use Policy**, v. 118, Jul. 2022.

DUVEILLER, G. *et al.* Local biophysical effects of land use and land cover change: towards an assessment tool for policy makers. **Land Use Policy**, v. 91, Feb. 2020.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. (Ed.). **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata**. São Paulo: GEN LTC, 2020.

FELTRAN-BARBIERI, R.; FÉRES, J. G. Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 7, Jul. 2021.

FERRANTE, L.; ANDRADE, M. B. T.; FEARNSIDE, P. M. Land grabbing on Brazil's Highway BR-319 as a spearhead for Amazonian deforestation. **Land Use Policy**, v. 108, Sept. 2021.

FERREIRA M. D. P.; FÉRES, J. G. Farm size and Land use efficiency in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 99, Dec. 2020.

FREITAS, R. E. Expansion of agricultural area in Brazil from 1994 to 2013: soybeans *versus* corn *versus* cotton. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 19, n. 13, p. 219-232, 2017.

FREITAS, R. E. **Expansão de área agrícola no Brasil segundo as lavouras temporárias**. Brasília: Ipea, set. 2022. (Texto para Discussão, n. 2796).

GASQUES, J. G.; BOTELHO, F.; BASTOS, E. T. **Preço de terras e sua valorização**. Brasília: Mapa, 2015. Versão preliminar.

GREENE, W. G. (Ed.). **Econometric analysis**. London: Pearson, 2017.

GUILHERME, H. D.; VIDICA, B. Integration of tree crops and pastures: literature review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 26, p. 1091-1096, Jun. 2019.

HENDRICKS, N. P.; ER, E. Changes in cropland area in the United States and the role of CRP. **Food Policy**, v. 75, p. 15-23, Feb. 2018.

HISSA, L. de B. V. *et al.* Regrowing forests contribution to law compliance and carbon storage in private properties of the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 88, Nov. 2019.

HONGA, Y.; HEERINK, N.; VAN DER WERF, W. Farm size and smallholders' use of intercropping in Northwest China. **Land Use Policy**, v. 99, Dec. 2020.

IGLESIAS, A.; QUIROGA, S.; DIZ, A. Looking into the future of agriculture in a changing climate. **European Review of Agricultural Economics**, v. 38, n. 3, p. 427-447, Aug. 2011.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. (Ed.). **Applied multivariate statistical analysis**. 6th ed. London: Pearson, 2007.

KATHAGE J. *et al.* How much is policy driving the adoption of cover crops? Evidence from four EU regions. **Land Use Policy**, v. 116, May 2022.

KAUANO, E. E. *et al.* Do protected areas hamper economic development of the Amazon region? An analysis of the relationship between protected areas and the economic growth of Brazilian Amazon municipalities. **Land Use Policy**, v. 92, Mar. 2020.

LAUWERE, C.; SLEGGERS, M.; MEEUSEN, M. The influence of behavioural factors and external conditions on Dutch farmers' decision making in the transition towards circular agriculture. **Land Use Policy**, v. 120, Sept. 2022.

LIMA, D. O. de; CROUZEILLES, R.; VIEIRA, M. V. Integrating strict protection and sustainable use areas to preserve the Brazilian Pampa biome through conservation planning. **Land Use Policy**, 99, Dec. 2020.

LOBÃO, M. S. P.; STADUTO, J. A. R. Agricultural modernization in the Brazilian Amazon. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, 2020.

MAGALHÃES, I. B. *et al.* Brazilian Cerrado and Soy moratorium: effects on biome preservation and consequences on grain production. **Land Use Policy**, v. 99, Dec. 2020.

MAIA, A. G. *et al.* The economic impacts of the diffusion of agroforestry in Brazil. **Land Use Policy**, v. 108, Sept. 2021.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. (Org.). **Análise de séries temporais**. 2nd ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

MUELLER, B. Property rights implications for the Brazilian Forest Code. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 329-346, abr.-jun. 2018.

PÊGO, B.; MOURA, R. (Org.). **Fronteiras do Brasil**: uma avaliação de política pública. Rio de Janeiro: Ipea, 2018. v. 1.

PÊGO, B. *et al.* (Coord.). **Fronteiras do Brasil**: uma avaliação do arco Norte. Rio de Janeiro: Ipea, 2018. v. 3.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. de. **Assistência técnica na agricultura brasileira**: uma análise sobre a origem da orientação técnica por meio do Censo Agropecuário de 2017. Rio de Janeiro: Ipea, out. 2021. (Texto para Discussão, n. 2704).

PIVOTO, D. *et al.* Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 22, n. 4, p. 571-588, 2019.

POLIZEL S. P. *et al.* Analysing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). **Land Use Policy**, v. 109, Oct. 2021.

PORRO, R.; PORRO, N. S. M. State-led social and environmental policy failure in a Brazilian forest frontier: Sustainable Development Project in Anapu, Pará. **Land Use Policy**, v. 114, Mar. 2022.

QIAN C. *et al.* An economic-psychological perspective on perceived land tenure security: evidence from rural eastern China. **Land Use Policy**, v. 120, Sept. 2022.

REYDON, B. P.; FERNANDES, V. B.; TELLES, T. S. Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 94, May 2020.

RIBEIRO S. *et al.* Land use in Brazilian continental wetland Ramsar sites. **Land Use Policy**, v. 99, Dec. 2020.

RODRIGUES, E. de C. F. *et al.* Caracterização dos sistemas de produção dos pequenos produtores com manejo de bacurizeiros nas mesorregiões Nordeste Paraense e Marajó. **Agroecossistemas**, v. 14, n. 1, p. 96-114, 2022.

SAUER, S.; LEITE, S. P. Expansão agrícola, preços e apropriação de terra por estrangeiros no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 503-524, jul.-set. 2012.

SILVA, J. M. C. *et al.* Funding deficits of protected areas in Brazil. **Land Use Policy**, v. 100, Jan. 2021.

SOKAL, R. R.; SNEATH, P. H. A. (Ed.). **Principles of numerical taxonomy**. [s.l.]: W. H. Freeman and Company, 1963.

SPAROVEK, G. *et al.* Sustainable bioproducts in Brazil: disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection. **Biofuels Bioproducts and Biorefining**, v. 10, n. 3, p. 204-221, May-Jun. 2016.

SPAROVEK, G. *et al.* Who owns Brazilian lands? **Land Use Policy**, v. 87, Sept. 2019.

STABILE, M. C. C. *et al.* Solving Brazil's land use puzzle: increasing production and slowing Amazon deforestation. **Land Use Policy**, v. 91, Feb. 2020.

STEGE, A. L.; BACHA, C. J. C. Spatial clusters of "agriculturalization" in the rural area of some Brazilian states. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 3, p. 2020.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **United States Department of Agriculture: FY 2022 – budget summary**. Washington: USDA, 2022. Disponível em: <<https://bit.ly/41UEekP>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

WANG, Y.; WANG, H. Effects of farmland use rights transfer on collective action in the commons: Evidence from rural China. **Land Use Policy**, v. 120, Sept. 2022.

WEST, T. A. P.; FEARNSIDE, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. **Land Use Policy**, v. 100, Jan. 2021.

ZUBIN, J. A technique for measuring like-mindedness. **The Journal of Abnormal and Social Psychology**, v. 33, n. 4, p. 508-516, 1938a.

ZUBIN, J. Socio-biological types and methods for their isolation. **Psychiatry: Journal for the Study of Interpersonal Processes**, v. 2, p. 237-297, 1938b.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Ana Clara Escórcio Xavier

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Barbara de Castro

Brena Rolim Peixoto da Silva

Cayo César Freire Feliciano

Cláudio Passos de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Natália de Oliveira Ayres

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
PLANEJAMENTO
E ORÇAMENTO

