

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Degradação da terra e indicadores socioeconômicos: uma análise  
bibliométrica e econométrica**

Amanda Camargos de Moura  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2026**

**AMANDA CAMARGOS DE MOURA**

**Degradação da terra e indicadores socioeconômicos: uma análise  
bibliométrica e econométrica**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Diogo Nepomuceno Cosenza

Coorientadores: Jose Marinaldo Gleriani  
Rafael F. de A. Campos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2026**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M929d  
2026

Moura, Amanda Camargos de, 1996-  
Degradação da terra e impactos socioeconômicos: uma  
análise bibliométrica e econométrica / Amanda Camargos de  
Moura. – Viçosa, MG, 2026.  
1 dissertação eletrônica (63 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Diogo Nepomuceno Cosenza.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Engenharia Florestal, 2026.  
Inclui bibliografia.  
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.126>  
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Solos - Degradação - Aspectos sociais. 2. Solos -  
Degradação - Aspectos econômicos. I. Cosenza, Diogo  
Nepomuceno, 1989-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

CDD 22. ed. 631.47

**AMANDA CAMARGOS DE MOURA**

**Degradação da terra e indicadores socioeconômicos: uma análise  
bibliométrica e econométrica**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2026.

Assentimento:

---

Amanda Camargos de Moura  
Autora

---

Diogo Nepomuceno Cosenza  
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 26/05/2026 às 17:42:11 e pelo orientador em 28/05/2026 às 08:35:49. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **EUR6.AIIU.I1IX** e clique no botão 'Validar documento'.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de começar agradecendo à sociedade brasileira pelo financiamento do meu ensino superior, desde a graduação até o mestrado. Obrigada pela educação gratuita e de qualidade. Meus esforços e meu compromisso estarão sempre voltados a retribuir, por meio do meu trabalho, tudo o que me foi e continua sendo oferecido.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa pelo compromisso com o ensino, a pesquisa e a extensão. Agradeço ao Departamento de Engenharia Florestal pelo acolhimento e pelos ensinamentos, bem como aos funcionários que acompanham e torcem pelo sucesso de seus estudantes.

Agradeço aos meus pais e a minha família pela paciência, consideração e apoio na minha trajetória nem sempre fácil de compreender. Espero que meus esforços resultem em frutos não apenas para mim, mas para todos nós.

Agradeço aos queridos amigos e colegas de laboratório que sempre me apoiaram e me deram segurança nos momentos difíceis. Dianna, Hiago, Luiana, Mikaely, Shauanne, Talles, Vivian, obrigada por tudo que vocês me ensinaram nesses dois anos. Sem as inúmeras contribuições e companhia agradável de vocês esse trabalho não teria saído da forma que saiu. Vocês me inspiram muito!

Agradeço ao meu orientador, professor Diogo, pela orientação, pelo apoio constante e pelos valiosos ensinamentos ao longo deste trabalho. Seu rigor científico e compromisso com a pesquisa foram fundamentais para minha formação acadêmica.

Agradeço também ao meu coorientadores. Ao professor Marinaldo, sempre muito solícito ao tirar minhas inúmeras dúvidas, e professor Rafael, que me guiou com muita paciência em todas as análises. Obrigada pelos ensinamentos.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“Em nossa época, o cientista precisa tomar consciência da utilidade social e do destino prático reservado a suas descobertas.” (Florestan Fernandes)

## RESUMO

MOURA, Amanda Camargos de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2026. **Degradação da terra e indicadores socioeconômicos: uma análise bibliométrica e econométrica.** Orientador: Diogo Nepomuceno Cosenza. Coorientadores: Jose Marinaldo Gleriani e Rafael Faria de Abreu Campos.

Esta dissertação tem como objetivo investigar a relação entre a degradação da terra e as dinâmicas socioeconômicas, partindo do pressuposto de que esse fenômeno resulta da interação entre fatores ambientais, econômicos e sociais. O trabalho se propõe a compreender o estado da arte sobre o tema, identificar tendências e lacunas na produção científica, quantificar os impactos da degradação sobre indicadores econômicos municipais, avaliar a efetividade de políticas públicas e analisar padrões espaciais associados ao fenômeno. A pesquisa foi estruturada em dois capítulos. O primeiro consiste em uma análise bibliométrica da literatura internacional publicada entre 2000 e 2025, com base em dados da plataforma Scopus, na qual foram selecionados 35 artigos após processo de triagem. Os resultados evidenciam que os estudos ainda são escassos, concentrados em poucos países e organizados em redes de colaboração fragmentadas, com predominância de utilização de indicações relacionados à produção e demografia. O segundo capítulo corresponde a uma análise econométrica aplicada aos municípios do estado de Minas Gerais, no período de 2000 a 2022, com foco na degradação das pastagens. Foram utilizados modelos de dados em painel com efeitos fixos e análises de autocorrelação espacial para identificar áreas vulneráveis e estimar os impactos econômicos. Os resultados indicam que a degradação das pastagens exerce efeitos negativos sobre o PIB per capita e sobre a produção agropecuária, com concentração espacial em regiões de menor desenvolvimento econômico. Além disso, as evidências sugerem que políticas públicas como o Plano ABC e o Novo Código Florestal desempenham papel relevante na recuperação de áreas degradadas, embora sua efetividade varie conforme o contexto regional. De modo geral, os achados reforçam a necessidade de abordagens interdisciplinares e integradas, capazes de subsidiar a formulação de políticas públicas e a promoção do desenvolvimento sustentável em áreas afetadas pela degradação da terra.

Palavras-chave: Uso da terra; Pecuária; Econometria; Análise em painel

## ABSTRACT

MOURA, Amanda Camargos de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2026. **Land degradation and socioeconomic indicators: a bibliometric and econometric analysis.** Adviser: Diogo Nepomuceno Cosenza. Co-advisers: Jose Marinaldo Gleriani and Rafael Faria de Abreu Campos.

This study aims to investigate the relationship between land degradation and socioeconomic dynamics, based on the assumption that this phenomenon results from the interaction among environmental, economic, and social factors. The study seeks to examine the state of the art on the topic, identify trends and gaps in scientific literature, quantify the impacts of land degradation on municipal economic indicators, assess the effectiveness of public policies, and analyze spatial patterns associated with the phenomenon. The research is structured into two chapters. The first chapter presents a bibliometric analysis of the international literature published between 2000 and 2025, based on data from the Scopus database, in which 35 articles were selected after a screening process. The results indicate that studies on this topic remain scarce, concentrated in a few countries, and organized in fragmented collaboration networks, with a predominance of indicators related to production and demography. The second chapter consists of an econometric analysis applied to municipalities in the state of Minas Gerais, Brazil, from 2000 to 2022, focusing on pasture degradation. Panel data models with fixed effects and spatial autocorrelation analyses were used to identify vulnerable areas and estimate economic impacts. The results show that pasture degradation has negative effects on GDP per capita and agricultural production, with spatial concentration in regions with lower levels of economic development. Furthermore, the evidence suggests that public policies such as the ABC Plan and the Forest Code play a relevant role in the recovery of degraded areas, although their effectiveness varies according to regional contexts. Overall, the findings reinforce the need for interdisciplinary and integrated approaches to support public policymaking and promote sustainable development in areas affected by land degradation.

Keywords: Land use; Livestock; Econometrics; Panel data analysis

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
REFERÊNCIAS .....	11
<b>Capítulo 1. Indicadores socioeconômicos relacionados à ocorrência de áreas degradadas: uma análise bibliométrica</b> .....	14
Resumo .....	14
Introdução .....	15
Metodologia.....	16
Resultados e discussão .....	20
Conclusão .....	27
Referências .....	29
<b>Capítulo 2. Impacto da degradação de pastagens na economia de municípios</b> .....	36
Resumo .....	36
Introdução .....	37
Metodologia.....	39
Área de estudo .....	39
Aquisição, descrição e tratamento dos dados .....	41
Análises .....	44
Resultados.....	47
Modelagem em painel .....	47
Impacto diferencial das políticas públicas.....	48
Agrupamento .....	50
Discussão .....	51
Conclusão .....	54
Referências .....	56
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63

## INTRODUÇÃO

A degradação de áreas terrestres constitui uma problemática que se manifesta de diferentes formas ao redor do mundo, sendo agravada por múltiplos fatores de origem natural e antrópica. Conforme definido pela *United Nations Convention to Combat Desertification* (UNCCD, 2012), a degradação da terra caracteriza-se pela redução dos serviços fornecidos por solos saudáveis, associada a processos como erosão, salinização, perda de carbono orgânico, degradação da estrutura do solo, empobrecimento nutricional e diminuição da capacidade de infiltração e retenção de água, resultando em menor disponibilidade hídrica para o crescimento das plantas. Além dos prejuízos ambientais, a degradação implica perdas econômicas relacionadas à diminuição da produtividade, à redução da fertilidade dos solos e à deterioração dos serviços ecossistêmicos (Pacheco *et al.*, 2018). Estima-se que a deterioração desses serviços resulte em perdas econômicas superiores ao valor de mercado dos produtos agrícolas (Sutton *et al.*, 2016).

Embora os processos biofísicos da degradação da terra sejam amplamente estudados, diversos trabalhos apontam que fatores socioeconômicos exercem papel central tanto na intensificação quanto na mitigação desse fenômeno. A degradação pode ser agravada por desigualdades sociais, limitações de acesso ao crédito e a falta de adoção de técnicas conservacionistas para produção (Angaman; Mirzabaev; Niang, 2024; Feltran-Barbieri; Féres, 2021; Pratheepa; Raj; Sinha, 2023). Com isso, seus impactos incluem aumento dos custos de produção, redução da renda agrícola e estímulo à migração para os centros urbanos (Angaman; Mirzabaev; Niang, 2024; Kassymova; Mustafayev; Kabiyeva, 2025). Por outro lado, a promoção da restauração de áreas degradadas aumenta a diversidade dos serviços ecossistêmicos, que são associados a benefícios sociais e culturais e podem ser utilizados como indicadores de bem-estar da população (Alba-Patiño *et al.*, 2021). Essa restauração também promove impactos econômicos positivos, como aumento da produtividade do solo e, conseqüentemente, na produção agrícola ao longo do tempo, o que se traduz em melhorias socioeconômicas para os produtores (Ding *et al.*, 2023). Logo, a formulação de políticas públicas voltadas para mitigação da degradação pode ser utilizada como estratégia que vise tanto o restabelecimento das funções ecossistêmicas da terra como também como meio de promover melhores condições socioeconômicas para a população.

No Brasil, essa problemática assume relevância especial em função da importância histórica e econômica das atividades agropecuárias. A pecuária bovina, conduzida majoritariamente em sistemas extensivos, ocupa grande parte do território nacional e representa parcela expressiva do Produto Interno Bruto (Biscola; Malafaia, 2025). Entretanto, mais da

metade das pastagens brasileiras apresenta algum grau de degradação (Santos *et al.*, 2022), resultado de práticas inadequadas de manejo, como superlotação animal, uso excessivo do fogo, falhas no estabelecimento das pastagens e limitações técnicas e financeiras dos produtores (Dias-Filho, 2023). Essa degradação está atrelada a diversos prejuízos ambientais, como a perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera principalmente em terrenos de maior declividade (Bila Junior *et al.*, 2025) e redução da profundidade do solo devido a processos de erosão e compactação (van der Westhuizen; du Preez; Snyman, 2022).

Para promover um uso sustentável do solo bem como a proteção da vegetação nativa o Brasil implementou políticas públicas como o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) e o Novo Código Florestal. O Plano ABC estabeleceu metas ambiciosas de recuperação de pastagens degradadas, sendo posteriormente ampliado pelo Plano ABC+ (Brasil, 2021). Já foi observado que em alguns estados o Plano ABC possui um impacto positivo, como é o caso de Minas Gerais, onde observou-se uma redução de pastagens de degradação intermediária e aumento de pastagens sem degradação em decorrência de acesso ao crédito provido pelo programa (Campos *et al.*, 2026). O Código Florestal, por sua vez, regulamenta o uso e proteção da vegetação nativa, estabelecendo regras para as Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais (Brasil, 2012). Diante da lei, existe um potencial de restauração de áreas degradadas em propriedades rurais que não estão em conformidade. Temos como exemplo o caso da Mata Atlântica, onde a restauração de áreas para atender as exigências do Código Florestal possui potencial de aumentar em 35% a cobertura do bioma no estado de Minas Gerais (Morais Junior *et al.*, 2024). Porém, para que seja possível restaurar a Mata Atlântica, é necessário que ocorra uma intensificação da atividade pecuária (Shennan-Farpón *et al.*, 2024). Logo, percebemos que existe um problema relacionado ao uso da terra, onde se tem pastagens pouco produtivas, uma produção pecuária de baixo rendimento relacionado à esse problema, e um potencial de intensificação a atividade, o que poderia servir de estímulo para projetos mais ambiciosos de recomposição florestal no país.

Diante desse cenário, esta dissertação parte da premissa de que a degradação da terra resulta da interação entre fatores ambientais, econômicos e sociais, fortemente condicionados pelo uso e manejo da terra. Compreender essas interações é essencial para subsidiar políticas públicas mais eficientes, orientadas para o desenvolvimento sustentável e a redução das desigualdades territoriais. O objetivo geral desta dissertação é investigar de forma integrada a relação entre áreas degradadas e indicadores socioeconômicos. Especificamente, busca-se:

- (i) Compreender o estado da arte sobre a temática, identificando tendências, lacunas e padrões na produção científica;

- (ii) Quantificar o impacto da degradação das pastagens sobre indicadores econômicos municipais;
- (iii) Avaliar a efetividade de políticas públicas voltadas à recuperação de áreas degradadas e ao desenvolvimento sustentável e;
- (iv) Analisar a existência de associações espaciais entre os indicadores econômicos e a degradação.

Para atingir os objetivos listados, o presente trabalho foi estruturado em dois capítulos. O primeiro capítulo consiste em uma análise bibliométrica da produção científica internacional sobre áreas degradadas e indicadores socioeconômicos, buscando mapear a distribuição geográfica, a evolução temporal, as redes de colaboração, os principais tipos e agentes de degradação e os indicadores mais utilizados. Esse levantamento permite identificar tendências, lacunas e padrões na literatura. O segundo capítulo corresponde a uma análise econométrica aplicada ao estado de Minas Gerais, com foco na degradação das pastagens e seus impactos sobre a economia municipal. Por meio de modelos em painel e análises de autocorrelação espacial, avalia-se a relação entre as áreas degradadas, diferentes indicadores econômicos e a implementação de políticas públicas, permitindo quantificar a magnitude desses impactos e se existe um comportamento espacial associado ao fenômeno. Esta pesquisa pretende contribuir para uma compreensão mais abrangente das dinâmicas socioambientais associadas à degradação da terra, oferecendo subsídios técnicos e científicos para o planejamento territorial, a formulação de políticas públicas e a promoção de sistemas produtivos mais sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

- ALBA-PATIÑO, Daniela et al. Social indicators of ecosystem restoration for enhancing human wellbeing. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 174, p. 105782, 2021. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105782.
- ANGAMAN, Kadio Valere; MIRZABAEV, Alisher; NIANG, Birahim Bouna. Economic impacts of land degradation: Evidence from Côte d'Ivoire. **Land Degradation & Development**, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 1541–1552, 2024. DOI: 10.1002/ldr.5004.
- BILA JUNIOR, Fernando Arão; PACHECO, Fernando António Leal; VALERA, Carlos Alberto; DA COSTA, Adriana Monteiro; MENDONÇA-SANTOS, Maria De Lourdes; FERNANDES, Luís Filipe Sanches; MOURA, João Paulo. The Threshold of Soil Organic Carbon and Topography Reveal Degradation Patterns in Brazilian Pastures: Evidence from Rio de Janeiro State. **Sustainability**, [S. l.], v. 17, n. 23, p. 10764, 2025. DOI: 10.3390/su172310764.
- BISCOLA, Paulo Henrique Nogueira; MALAFAIA, Guilherme Cunha. **Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina 2024-2025**: Documentos. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1174114>. Acesso em: 29 dez. 2025.
- BRASIL. Lei Nº 12.651. Novo Código Florestal. 12 maio 2012, Seção 1 do Diário Oficial da União.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020–2030: Plano Operacional**. BrasíliaMAPA/DEPROS, 2021.
- CAMPOS, Marcelo Odorizzi; CAMARGO, Regina Aparecida Leite De; BASSETTO, Camila Fernanda; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino; LA SCALA JR., Newton; SILVA, Rouverson. **Impact of Rural Credit on Sustainable Transformation of Brazilian Agriculture: The Case of the Low Carbon Agriculture (Lca) Program in Minas Gerais, Brazil**. SSRN, 2025. DOI: 10.2139/ssrn.5152418. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=5152418>. Acesso em: 8 mar. 2026.
- DE MORAIS JUNIOR, Vicente Toledo Machado et al. Monitoring of areas in conflict with the Legislation for the Protection of Native Vegetation in Brazil: opportunity for large-scale forest restoration and for the Brazilian global agenda. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S. l.], v. 196, n. 11, p. 1113, 2024. DOI: 10.1007/s10661-024-13295-6.

- DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. **Degradação de pastagens: conceitos, processos e estratégias de recuperação e de prevenção**. Belém, PA: Moacyr Dias-Filho, 2023.
- DING, Helen; YU, Tian; LEVIN, Darby; WARBURTON, James; REYTAR, Katie; FANG, Rong; KEIFER, Holly; ARAKWIYE, Bernadette; NGOMA, Spencer. Tackling the challenges of assessing socioeconomic impacts of farmland restoration: The case of Malawi. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 148, p. 110068, 2023. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110068.
- FELTRAN-BARBIERI, Rafael; FÉRES, José Gustavo. Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. **Royal Society Open Science**, [S. l.], v. 8, n. 7, p. 201854, 2021. DOI: 10.1098/rsos.201854.
- KASSYMOVA, Sanimkul; MUSTAFAYEV, Kanat; KABIYEVA, Assem. Development of an Ecological-Economic Assessment System for the Sustainable Development of Regions in Kazakhstan. **ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 339–361, 2025. DOI: 10.2478/eoik-2025-0099.
- PACHECO, Fernando António Leal; SANCHES FERNANDES, Luís Filipe; VALLE JUNIOR, Renato Farias; VALERA, Carlos Alberto; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, [S. l.], v. 5, p. 79–86, 2018. DOI: 10.1016/j.coesh.2018.07.002.
- PRATHEEPA, C. M.; RAJ, Rengalakshmi; SINHA, Shreya. The socio-ecological contradictions of land degradation and coastal agriculture in south India. **Environment and Planning E: Nature and Space**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 391–411, 2023. DOI: 10.1177/25148486221079720.
- SANTOS, Claudinei Oliveira Dos; MESQUITA, Vinícius Vieira; PARENTE, Leandro Leal; PINTO, Alexandre De Siqueira; FERREIRA, Laerte Guimaraes. Assessing the Wall-to-Wall Spatial and Qualitative Dynamics of the Brazilian Pasturelands 2010–2018, Based on the Analysis of the Landsat Data Archive. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 1024, 2022.
- SHENNAN-FARPÓN, Yara; SOTERRONI, Aline C.; SCARABELLO, Marluce; VISCONTI, Piero. Using policy scenarios to assess challenges and opportunities for reaching restoration targets in Brazil's Atlantic Forest. **Environmental Research Letters**, [S. l.], v. 19, n. 8, p. 084036, 2024. DOI: 10.1088/1748-9326/ad5ab2.
- SUTTON, Paul C.; ANDERSON, Sharolyn J.; COSTANZA, Robert; KUBISZEWSKI, Ida. The ecological economics of land degradation: Impacts on ecosystem service values.

**Ecological Economics**, [S. l.], v. 129, p. 182–192, 2016. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2016.06.016.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **Zero Net Land Degradation: A Sustainable Development Goal for Rio+20**: UNCCD Secretariat Policy Brief. Bonn: UNCCD, 2012. Disponível em: [https://catalogue.unccd.int/58\\_Zero\\_Net\\_Land\\_Degradation.pdf](https://catalogue.unccd.int/58_Zero_Net_Land_Degradation.pdf). Acesso em: 19 jan. 2026.

WESTHUIZEN, Hermias Cornelius Van Der; PREEZ, Christiaan Cornelius Du; SNYMAN, Hendrik Andries. Rangeland Degradation Impacts on Vegetation Cover, Soil Properties and Ecosystem Functioning in an Arid and Semi-Arid Climate, South Africa. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, [S. l.], v. 10, n. 02, p. 10–32, 2022. DOI: 10.4236/gep.2022.102002.

## **Capítulo 1. Indicadores socioeconômicos relacionados à ocorrência de áreas degradadas: uma análise bibliométrica**

### **Resumo**

A ocorrência de áreas degradadas é uma problemática que se manifesta de diferentes formas e é agravada por diversos fatores ao redor do mundo. Esse problema ambiental gera uma série de prejuízos, desde perdas de funções ecossistêmicas até diminuição de produtividade de sistemas agropecuários. Para entender o fenômeno, é necessário a compreensão não só dos aspectos físicos e biológicos que geram esse problema, como também dos indicadores sociais e econômicos que podem influenciar no agravamento ou que podem sinalizar o impacto dessa degradação em diferentes comunidades e economias. Este estudo teve como propósito realizar uma análise bibliométrica de artigos entre os anos 2000 e 2025 presentes no banco de dados Scopus, para avaliar os trabalhos que relacionam áreas degradadas com indicadores socioeconômicos. Com uso de palavras-chaves para busca, foram selecionados 299 artigos, dos quais, após processo de triagem, apenas 35 atenderam aos critérios de seleção. Os resultados revelaram que a China foi o país com o maior número de publicações sobre o tema. A forma de degradação mais citada nos artigos foi a erosão, enquanto a causa de degradação mais comentada pelos autores são atividades relativas à agropecuária. Os indicadores econômicos mais utilizados nesse tipo de estudo foram os relacionados à produção, enquanto os sociais foram os relacionados à demografia. No geral, pesquisas que exploram essa temática ainda são escassas. Os resultados apresentados nesse trabalho contribuem para revelar os tipos de indicadores que podem ser utilizados para pesquisas relacionadas às áreas degradadas e mostrar que ainda há muito o que ser explorado dentro dessa temática.

**Palavras-chave:** áreas degradadas, indicadores socioeconômicos, economia

## Introdução

A ocorrência de áreas degradadas tem sido um tópico de interesse ao redor do mundo. Conforme a *United Nations Convention to Combat Desertification* (UNCCD, 2012), a degradação é compreendida como a redução ou perda da produtividade biológica e econômica de diferentes ecossistemas, abrangendo desde a erosão hídrica e eólica até a deterioração das propriedades químicas do solo e perda da vegetação natural. Análises globais revelam que entre 1981 e 2021, 28,5% das terras estiveram em processo de degradação, afetando 38% das florestas de coníferas, 32% das florestas de folha larga, 30% das áreas arbustivas, 30% das pastagens naturais e 24% das áreas agrícolas (Bai *et al.*, 2025). Essas áreas passam por um colapso de suas funções ecossistêmicas, além de também gerarem perdas econômicas relacionadas à diminuição da produtividade, fertilidade do solo e serviços ecossistêmicos (Pacheco *et al.*, 2018).

Existem uma série de processos de degradação ao redor do planeta, como aridez, invasões biológicas, erosão, poluição do solo, salinização, acidificação e compactação do solo, entre outros (Prävālie, 2021). Uma das consequências graves da degradação está relacionada à perda de carbono do solo. Estima-se que cerca de 1,9 milhão de km<sup>2</sup> de área terrestre, em nível global, apresentaram perdas líquidas de carbono orgânico no solo após 2001 (Prävālie *et al.*, 2021). Esse cenário evidencia a contribuição da degradação dos solos para a emissão de carbono na atmosfera, atuando como um fator de intensificação das mudanças climáticas. Tais processos por muitas vezes são consequência das ações antrópicas. A piora do estado de degradação pode ser atribuída, por exemplo, ao manejo inadequado da terra, desmatamento e expansão urbana (Gao; Liu, 2010; Hammad; Tumeizi, 2012).

Muito se discute sobre os aspectos ambientais relacionados à presença de áreas degradadas e suas consequências, mas esses processos podem estar relacionados a fatores socioeconômicos. O uso inadequado dos recursos hídricos podem levar à salinização do solo e, conseqüentemente, à diminuição dos lucros da agricultura, fazendo com que as populações rurais migrem para as áreas urbanas (Kassymova; Mutafayev; Kabiyeva, 2025). A degradação da terra leva ao maior uso de insumos e a menores rendimentos agrícolas, elevando os custos de produção e influenciando a renda líquida dos agricultores (Angaman; Mirzabaev; Niang, 2024). Outros estudos mostram como a degradação pode ser exacerbada pela desigualdade social. No sul da Índia, por exemplo, observou-se que hierarquias de poder e políticas estatais desiguais permitem que grandes proprietários se beneficiem do uso da terra ao mesmo tempo em que aumentam a degradação (Pratheepa; Raj; Sinha, 2023). Neste contexto, os pequenos

produtores foram mais impactados com a perda de produtividade de suas terras devido a degradação. Isso se justifica pelas dificuldades enfrentadas por esses produtores, como acesso limitado a crédito, tecnologias e insumos agrícolas, o que aumenta sua vulnerabilidade diante da perda de produtividade e, conseqüentemente, de sua renda (Elhini *et al.*, 2024).

A perda dos serviços ecossistêmicos de uma área ou de sua produtividade pode representar um impacto socioeconômico negativo. Portanto, é importante compreender de maneira holística as dimensões socioeconômicas da degradação para o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação de seus impactos. Apesar do crescente número de estudos sobre degradação da terra, a literatura ainda se encontra dispersa quanto à integração sistemática entre o fenômeno ambiental e indicadores socioeconômicos. Para compreender o estado da produção científica sobre a relação entre áreas degradadas e aspectos socioeconômicos, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma análise bibliométrica da literatura publicada entre 2000 e 2025. Essa análise permite mapear a distribuição geográfica, a evolução temporal, as redes de colaboração, os principais temas abordados e os indicadores econômicos e sociais associados à degradação da terra. O estudo busca identificar tendências, lacunas e padrões na produção científica, contribuindo para a compreensão das dinâmicas ambientais e socioeconômicas envolvidas nesse processo.

## **Metodologia**

Foram coletadas informações de artigos científicos do banco de dados Scopus. O banco de dados foi selecionado por sua rigorosa indexação, relevância científica e pela abrangência das informações bibliométricas necessárias para esta análise (Kumar *et al.*, 2021). As palavras-chave utilizadas na busca foram organizadas em três grupos (Tabela 1) e combinadas por meio de operadores booleanos. O operador AND foi utilizado para associar simultaneamente os termos de diferentes grupos, garantindo que os resultados incluíssem ao menos um termo de cada grupo. Já o operador OR foi empregado para reunir sinônimos e variações dentro de um mesmo grupo, ampliando o alcance da busca. Foram considerados apenas artigos científicos originais, sendo excluídos dessa análise revisões, livros e capítulos de livros, teses, dissertações e trabalhos de conferência. Foi realizado também um recorte temporal que compreendeu o período de 2000 a 2025. A escolha do período se deu devido ao marco da Declaração do Milênio das Nações Unidas (UNGA, 2000), que estabeleceu o desenvolvimento sustentável e o combate à desertificação como metas, ao lado de outras como erradicação da pobreza. Esse compromisso

foi expandido e consolidado pela Agenda 2030, visando concluir o que a Declaração do Milênio não alcançou, integrando as dimensões econômica, social e ambiental (UNGA, 2015).

**Quadro 1.** Palavras-chaves utilizadas para busca.

Palavras-chaves		
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
<i>"degraded pasture" OR</i>	<i>"agriculture" OR</i>	<i>"economic indicators" OR</i>
<i>"degraded lands" OR</i>	<i>"livestock" OR "land use</i>	<i>"economy" OR "economic</i>
<i>"degraded agricultural</i>	<i>conversion" OR</i>	<i>impact" OR "development</i>
<i>land" OR "land</i>	<i>"landscape"</i>	<i>indicators" OR "economic</i>
<i>degradation" OR</i>		<i>analysis"</i>
<i>"degrading agricultural</i>		
<i>land" OR "resource</i>		
<i>degradation"</i>		

Nota: os grupos são unidos por AND na busca dos artigos de forma a garantir que os temas de cada grupo sejam incluídos simultaneamente.

Foram identificados 299 artigos ao todo. Os seus metadados foram exportados e submetidos a uma seleção refinada dos trabalhos. A primeira etapa da seleção consiste na análise do título do artigo para avaliar a aderência ao tema. Nessa primeira etapa, 48 artigos foram selecionados. Na segunda etapa os artigos restantes foram submetidos à leitura dos resumos para verificar se abordavam diretamente a relação entre áreas degradadas e indicadores socioeconômicos em suas análises. A seleção final resultou em 35 artigos.

Dos 35 artigos, foram coletadas informações sobre os nomes e a filiação dos autores, a área de concentração em que os artigos foram indexados, o ano de publicação, o título da revista, bem como as palavras-chave definidas pelos autores e aquelas atribuídas pelas bases de dados. Foram tabulados também os tipos de degradação e causas de degradação relativas à área de estudo de cada trabalho, bem como os indicadores socioeconômicos usados nas análises. Esses indicadores foram extraídos por meio da leitura dos textos completos dos artigos e posteriormente classificados em categorias temáticas, sendo os econômicos agrupados nas categorias produção, renda, trabalho e estrutura econômica (Quadro 2), enquanto os sociais foram agrupados em demografia, educação, estrutura social e condições de vida (Quadro 3), de modo a garantir padronização e comparabilidade entre os estudos.

**Quadro 2.** Indicadores econômicos utilizados na análise dos estudos.

<b>Indicador</b>	<b>Definição no contexto do trabalho</b>	<b>Exemplos de indicadores encontrados nos artigos</b>
Produção	Refere-se à produtividade, tanto de forma geral quanto à produtividade agrícola	PIB municipal, produção agrícola
Renda	Representa indicadores relacionados à renda da população, principalmente a população rural	Renda per capita, lucro do produtor
Trabalho	Relaciona-se à força de trabalho no setor agrícola, o que também impacta a renda	Emprego fora da fazenda, trabalho na fazenda, oferta de trabalho familiar
Estrutura econômica	Refere-se à organização produtiva, o que reflete os aspectos econômicos das regiões analisadas	Distrito industrial, distrito turístico, distrito agrícola

**Quadro 3.** Indicadores sociais utilizados na análise dos estudos.

<b>Indicador</b>	<b>Definição no contexto do trabalho</b>	<b>Exemplos de indicadores encontrados nos artigos</b>
Demografia	Características populacionais da área de estudo	Densidade populacional, população rural.
Educação	Nível educacional da população da área de estudo.	Nível educacional, porcentagem de abandono escolar, nível de alfabetização.
Estrutura social	Organização social dos indivíduos da área de estudo, relações entre gênero, idade, classe social, entre outros.	Status social do dono da terra, gênero, idade.

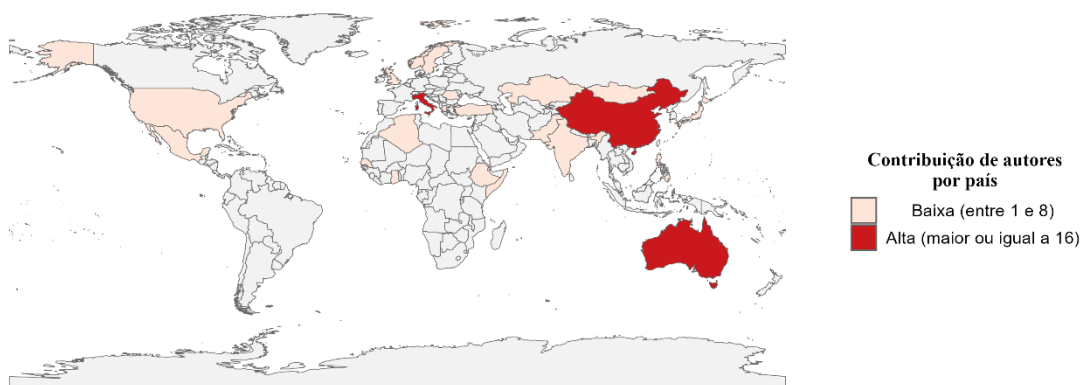
<b>Indicador</b>	<b>Definição no contexto do trabalho</b>	<b>Exemplos de indicadores encontrados nos artigos</b>
Condições de vida	Indicadores de acesso a condições básicas da população e bem-estar.	Acesso ao mercado, acesso a saúde ou plano de saúde, porcentagem de casas sem acesso à água.

As análises dos metadados foram realizadas por meio da interface Biblioshiny, vinculada ao pacote bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017), no ambiente R (Posit Team, 2025). A partir dos resultados tabelados obtidos no Biblioshiny, foram extraídas informações referentes ao número de publicações por ano e à média de citações por ano (MeanTCperYear), que indica quantas citações, em média, cada artigo recebe por ano desde sua publicação. Com base nesses dados, foi elaborado um gráfico combinado de barras e linhas utilizando o pacote ggplot2, visando à análise temporal da produção científica e de seu impacto. O mapa de distribuição do número de publicações por país foi produzido no *software* QGIS 3.14.

Foi utilizado o programa VOSviewer (Van Eck; Waltman, 2010) para gerar figura da rede de interação entre os autores e palavras-chave. A rede é estabelecida com base na coocorrência entre os elementos analisados, de modo que cada nó representa um elemento (autor ou palavra-chave), e as conexões indicam sua ocorrência conjunta nos mesmos documentos. A proximidade entre os nós reflete o grau de similaridade entre eles, calculado a partir da frequência dessas associações, de forma que nós mais relacionados são posicionados mais próximos no mapa. A similaridade entre os elementos é calculada com base na frequência de coocorrência, considerando não apenas o número de vezes em que dois elementos aparecem juntos, mas também a ocorrência total destes elementos nos artigos. Dessa forma, são atribuídos valores mais elevados às associações proporcionalmente mais frequentes, permitindo representar de forma mais precisa as relações entre autores ou temas. Além disso, algoritmos de agrupamento identificam automaticamente conjuntos de elementos fortemente conectados, representando comunidades de colaboração e núcleos temáticos da literatura. Esses agrupamentos são separados visualmente por diferentes cores nos mapas. A interação entre os autores foi usada para identificar como os pesquisadores colaboram entre si e quais grupos lideram o estudo do tema. Já a rede de palavras-chave serviu para identificar os temas mais importantes e como eles se conectam, revelando os principais pontos de discussão dentro das pesquisas.

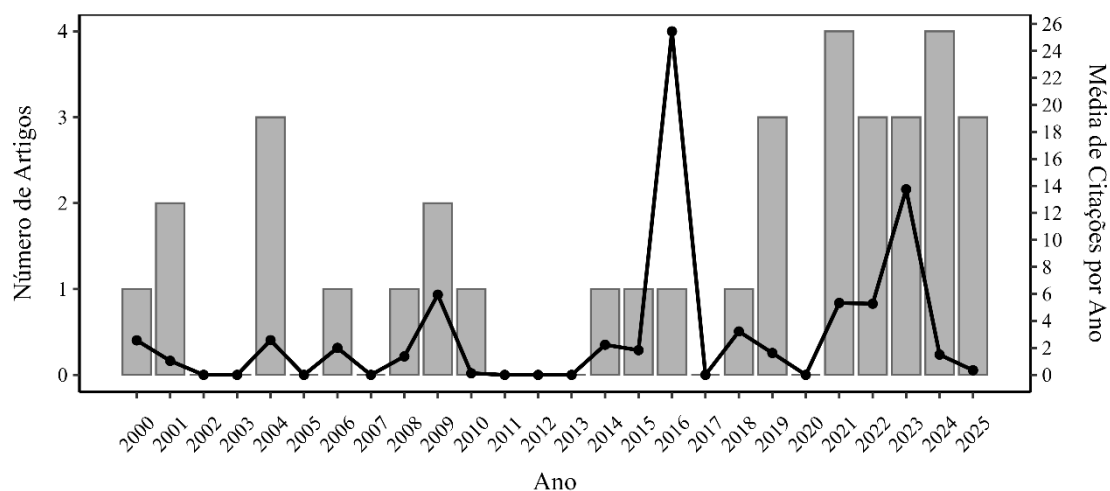
## Resultados e discussão

A distribuição geográfica das publicações está concentrada em poucos países, considerando a afiliação institucional dos autores (Figura 1). Observa-se que a China concentra a maior contribuição de autores, seguida pela Itália e Austrália. De forma geral, a China é o país que possui maior quantidade de publicações referentes à degradação da terra (Xie *et al.*, 2020). Observa-se ainda uma baixa representatividade de autores vinculados a instituições latino-americanas e africanas, indicando possíveis desigualdades na produção científica.



**Figura 1.** Distribuição geográfica da contribuição de autores por país considerando suas afiliações institucionais. Fonte: Elaboração própria por meio do software QGIS.

A evolução do número de artigos por ano é marcada por intervalos sem publicações e baixo volume anual (0-3 por ano) até 2021; após este ano número de publicações aumentaram para 3-4 artigos por ano (Figura 2). A evolução da média anual de citações revela o impacto científico dos artigos publicados no período analisado. Este padrão segue aquele já conhecido em outras análises bibliométricas, em que a visibilidade dos artigos tende a ser maior nos primeiros anos após a publicação, reduzindo-se gradualmente ao longo do tempo (Pérez-Campdesuñer *et al.*, 2025).



**Figura 2.** Evolução do número de publicações (barras) e da média anual de citações por artigo (linha) no período de 2000 a 2025. A média anual de citações corresponde ao número total de citações dos artigos publicados em cada ano, dividido pelo número de artigos e pelo tempo decorrido desde a publicação.

Observa-se que até 2021 o impacto médio dos artigos foi reduzido e irregular, com menos de seis citações ao ano em geral. Entretanto, no ano de 2016 houve um crescimento abrupto das citações, de dois em 2015 para vinte e seis em 2016, sendo o maior valor da série histórica. A partir de 2021, a tendência de citações volta a aumentar, com um segundo pico em 2023 atribuído a três artigos. A queda em 2024 e 2025 não significa necessariamente uma perda de interesse ou qualidade das publicações, e sim, devido ao fato de que os trabalhos ainda são muito recentes.

A maior parte das publicações foi desenvolvida por instituições da Itália, China e Etiópia (Tabela 1), sendo a maior parte das citações concentradas em poucos artigos. Esse padrão indica que a área é fortemente influenciada por um conjunto restrito de estudos de referência. O trabalho de Sutton *et al.* (2016) se destaca entre os demais, com 238 citações só em 2016 e um quarto das citações totais, explicando o pico de citações na série histórica (Figura 2). O elevado nível de citação de Sutton *et al.* (2016) pode ser atribuído em grande medida ao caráter abrangente da pesquisa, ao realizar uma avaliação global das perdas monetárias anuais associadas à degradação dos ecossistemas.

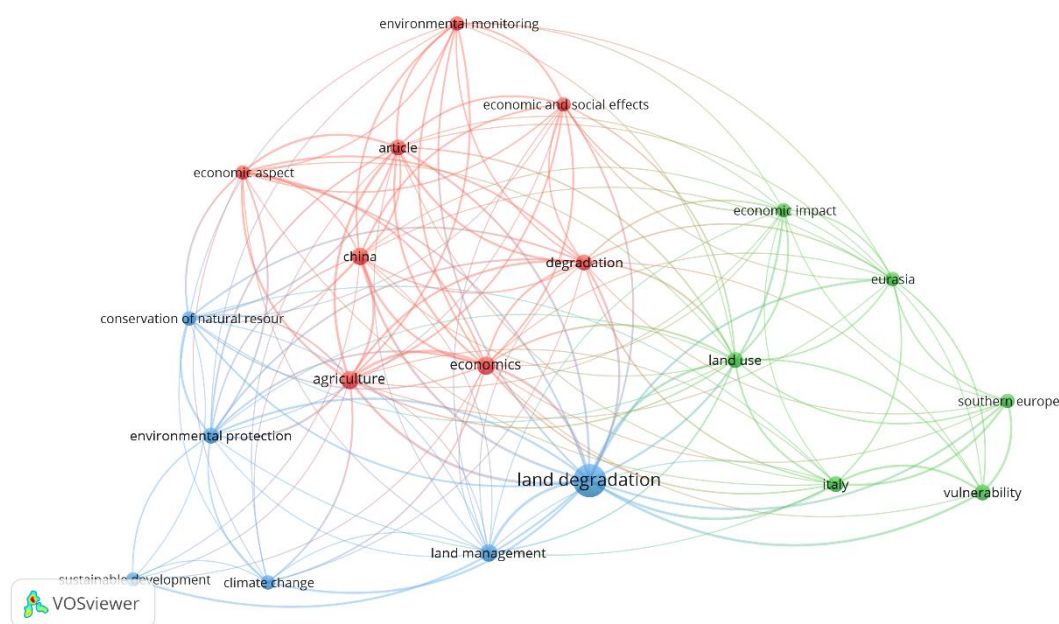
**Tabela 1.** Os dez artigos mais citados entre 2000 e 2025.

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Área de estudo</b>	<b>Total de citações</b>
Sutton <i>et al.</i>	2016	Escopo global	238
Holden; Shiferaw; Pender	2004	Etiópia	160

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Área de estudo</b>	<b>Total de citações</b>
Salvati; Zitti	2009b	Itália	124
Jiang et al.	2023	China	120
Salvati; Zitti	2009a	Itália	90
Coluzzi <i>et al.</i>	2022	Itália	70
Shiferaw; Holden	2000	Etiópia	69
Feng <i>et al.</i>	2021	China	64
Cacho	2001	Australia	45
Warsame; Abdi	2023	Somalia	42
<b>Total</b>			<b>1022</b>

As palavras-chave mais utilizadas organizam-se em três agrupamentos principais, representados pelas cores azul, vermelho e verde (Figura 3). O primeiro, representado em azul, concentra as voltadas à degradação da terra, gestão ambiental, mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável, configurando o núcleo ambiental do campo. O segundo agrupamento, em vermelho, reúne palavras-chaves relacionadas aos aspectos econômicos e produtivos, com ênfase na agricultura, nos impactos socioeconômicos e no monitoramento ambiental, destacando a relação entre degradação e economia. O terceiro agrupamento, em verde, está associado a análises territoriais e regionais, abrangendo termos como uso da terra e vulnerabilidade.

Entretanto os grupos estão fortemente destacados entre si. O grupo vermelho possui posição central, denotando proximidade entre os grupos azul e verde. Porém, os grupos azul e verde são mais distantes entre si. Logo, as palavras-chaves ligadas à economia (agrupamento vermelho) parecem exercer um papel central ao tratar das temáticas ambientais (agrupamento azul) e temáticas territoriais (agrupamento verde). O termo “land degradation” ocupa posição central na rede, conectando os diferentes agrupamentos. No agrupamento em vermelho, vemos “china” como palavra-chave, enquanto no agrupamento verde, temos “italy”. Isso evidencia diferentes abordagens dos estudos chineses e italianos em relação à degradação. Enquanto os artigos italianos tratam de vulnerabilidade ambiental relacionado principalmente a aspectos populacionais e do uso da terra (e.g., Coluzzi *et al.*, 2022; Maialetti *et al.*, 2024a, 2024b; Salvati; Zitti, 2009a, 2009b), os artigos chineses focam os aspectos econômicos e sociais de forma diversificada (e.g., Feng *et al.*, 2021; Hao; Chang; Ning, 2004; Jiang *et al.*, 2023; Liu; Luo, 2018; Piao; Shi, 2025; Shi *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2019).

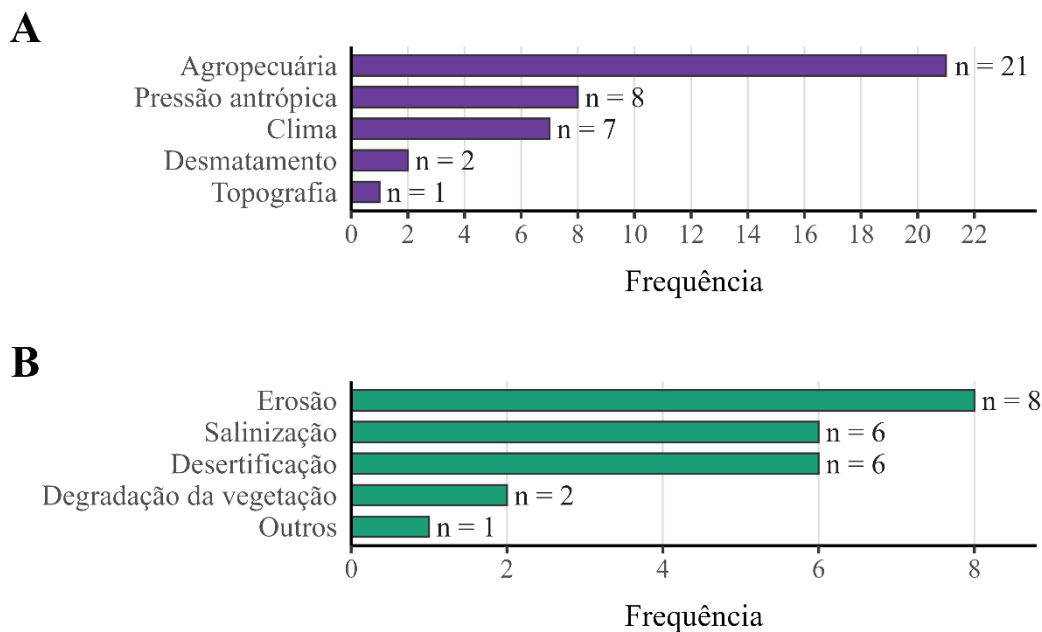


**Figura 3.** Rede de palavras-chave dos artigos analisados sobre degradação da terra e seus impactos socioeconômicos no período de 2000 a 2025. Os nós representam as palavras-chave, cujo tamanho é proporcional à sua frequência de ocorrência, enquanto as conexões indicam os termos que aparecem juntos nos mesmos documentos. As cores identificam diferentes agrupamentos de palavras-chaves.

A rede de coautoria evidencia que a maioria dos agrupamentos são isolados, com poucas conexões entre diferentes núcleos de pesquisa (Figura 4). Destaca-se o agrupamento liderado por Salvati, que reúne um grupo de pesquisadores associados a estudos conduzidos na Itália e que possuem colaboração com outro grupo de pesquisa. Observa-se um segundo núcleo relevante, composto por pesquisadores associados a pesquisas realizadas na China, articulados em torno do autor Wang. Essa configuração evidencia que a produção científica na área ainda se organiza em redes restritas, com cooperação predominantemente interna aos grupos e limitada interação internacional. A ausência de autores que promovam a integração entre diferentes núcleos sugere baixa circulação de conhecimento entre contextos institucionais e geográficos distintos. Esse padrão de fragmentação e baixa colaboração internacional é consistente com resultados observados em outros estudos bibliométricos (Gomis *et al.*, 2023; Safaa *et al.*, 2025; Ucella-Filho *et al.*, 2022).



fator associado a esse processo, uma vez que áreas cultivadas apresentam taxas de perda aproximadamente quatro vezes superiores às registradas em áreas florestais (Schwambach *et al.*, 2024).

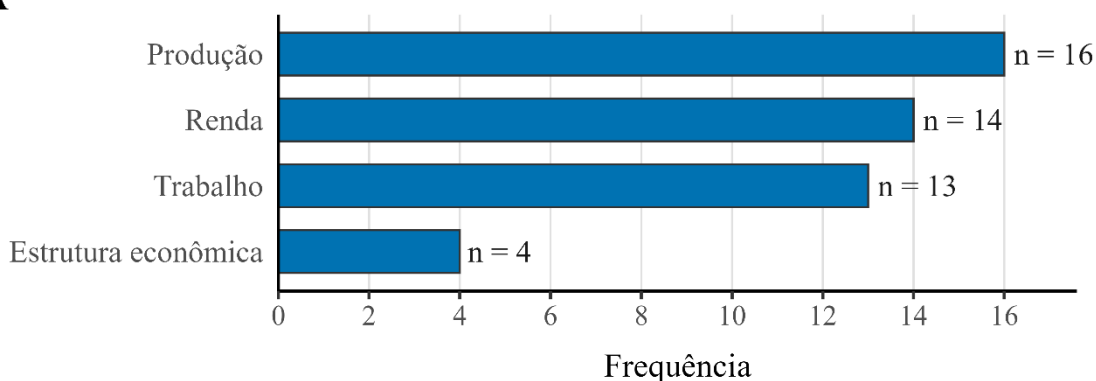
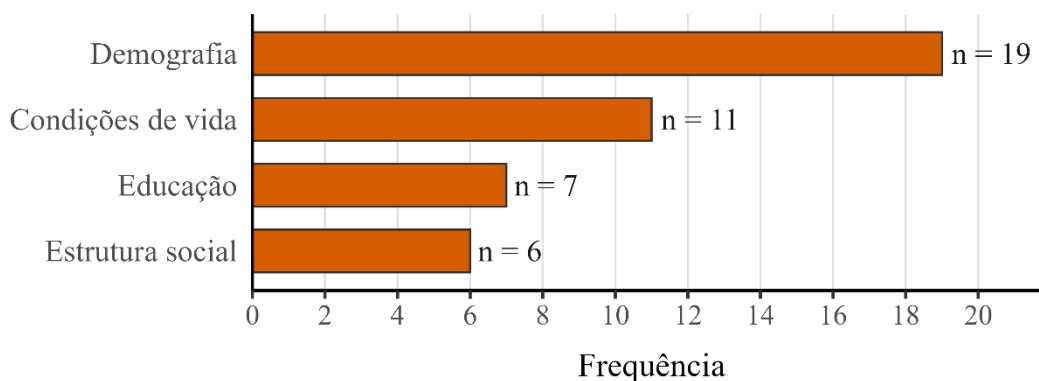


**Figura 5.** Frequência das principais causas associadas à degradação ambiental (A) e dos principais tipos de degradação identificados (B) nos estudos analisados. Os valores ao final das barras indicam o número de ocorrências (n).

Entre os tipos de degradação citados, o principal foi a erosão, sendo citado em oito trabalhos, seguido pela salinização e desertificação, citados em seis trabalhos e degradação da vegetação, citado em dois (Figura 5B). Existem evidências na literatura que mostram que alguns indicadores socioeconômicos estão fortemente associados à erosão do solo, como o PIB (Produto Interno Bruto) e o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) (Istanbul; Krása; Amiri, 2022). A desertificação é um fenômeno é impulsionado pelas mudanças climáticas, pressão populacional e por práticas insustentáveis de uso da terra (Imam *et al.*, 2025). A salinização pode estar relacionado com as condições físicas inerentes ao solo mas também pode ser impulsionado pelas atividades agrícolas, especificamente pela irrigação (Stavi; Thevs; Priori, 2021). Isso evidencia reforça a relação entre as atividades econômicas dependentes do uso da terra e a degradação. Em alguns estudos, o tipo de degradação das áreas analisadas não foi especificado, pois o foco principal não esteve na caracterização ambiental, mas na modelagem do fenômeno a partir de variáveis socioeconômicas. Um exemplo disso é o trabalho

de Salvati e Carlucci (2014), que usaram os municípios da Itália como unidade de análise, sem especificar o qual o tipo de degradação e as suas possíveis causas.

Os resultados indicam que os indicadores econômicos mais frequentemente associados à degradação da terra foram os relacionados à produção (dezesseis artigos), à renda (quatorze artigos) e ao trabalho (treze artigos) (Figura 6A). Por outro lado, os indicadores referentes à estrutura econômica foram os menos utilizados, sendo identificados em apenas quatro estudos. A forte representatividade de indicadores relacionados à produção, à renda e ao trabalho pode indicar a associação frequente da degradação às condições socioeconômicas, especialmente dos produtores rurais, as quais influenciam, por exemplo, a adoção de práticas conservacionistas em suas propriedades (Kansanga *et al.*, 2021). A estrutura econômica também pode ser associada com degradação, apesar de depender do setor. Temos como exemplo o turismo, que foi utilizado em alguns dos estudos selecionados e que pode estar associado à intensificação da poluição, à redução dos recursos naturais e à degradação física dos ecossistemas (Baloch *et al.*, 2023).

**A****B**

**Figura 6.** Frequência dos indicadores econômicos (A) e sociais (B) identificados nos estudos analisados. Os valores ao final das barras representam o número de ocorrências (n).

No âmbito social, a demografia se destacou como o principal fator associado à degradação, representado em dezenove artigos, seguida pelo indicador condições de vida (onze artigos) e pela educação (sete artigos), enquanto a estrutura social apresentou menor frequência (seis artigos) (Figura 6B). Esse padrão de utilização de indicadores relacionados à demografia evidencia o papel do crescimento populacional e as transformações demográficas na intensificação da pressão sobre os recursos naturais e aumentam o risco de degradação (Maialetti *et al.*, 2024a). A estrutura social abarca indicadores relacionados, por exemplo, à pobreza e acesso ao mercado, que podem ter impacto na degradação dependendo da região analisada (Nkonya; Anderson, 2015). O nível educacional da população também pode influenciar na degradação (Guerra-Martínez *et al.*, 2019), bem como a condição de vida da população, refletido em indicadores como IDH (Kassymova; Mustafayev; Kabiyeva, 2025).

De modo geral, os resultados demonstram que a degradação da terra e seus impactos socioeconômicos resultam da interação entre fatores ambientais, econômicos e sociais, fortemente condicionados pelo uso e manejo da terra. A circulação global do conhecimento sobre o tema é limitada, devido à pequena quantidade de artigos, à concentração da produção científica em poucos países e à fragmentação das redes de colaboração. Além disso, o destaque de indicadores relacionadas à agricultura, demografia, renda e produção reforça o papel das pressões socioeconômicas na intensificação dos processos de degradação. Esses achados evidenciam a necessidade de análises integradas que considerem simultaneamente as dimensões ambientais e socioeconômicas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente das dinâmicas associadas à degradação da terra.

## **Conclusão**

Os resultados desta análise bibliométrica indicam que os estudos relacionando áreas degradadas e indicadores socioeconômicos ainda são escassos e concentram-se em poucos países, especialmente China e Itália. Isso evidencia as desigualdades na produção científica e limitações na circulação global do conhecimento. Além disso, a forte fragmentação das redes de coautoria revela um baixo nível de colaboração internacional, o que pode dificultar a consolidação de abordagens comparativas e integradas sobre o tema.

A análise bibliométrica conseguiu apontar a existência de trabalhos sobre a relação entre áreas degradadas e indicadores socioeconômicos. É importante que futuros estudos abordem de maneira integrada os fatores associados à degradação para mapear as relações entre aspectos sociais e econômicos com o uso sustentável da terra. Políticas diferenciadas e orientadas para

um desenvolvimento local sustentável devem ser baseadas nas especificidades de cada território. Logo, é essencial definir indicadores sociais e econômicos, em escala global e regional, que influenciem a degradação. Isso contribui para o avanço das discussões sobre estratégias eficazes de recuperação.

## Referências

- ALMAGRO, André; OLIVEIRA, Paulo Tarso S.; NEARING, Mark A.; HAGEMANN, Stefan. Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 8130, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-08298-y.
- ANGAMAN, Kadio Valere; MIRZABAEV, Alisher; NIANG, Birahim Bouna. Economic impacts of land degradation: Evidence from Côte d'Ivoire. **Land Degradation & Development**, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 1541–1552, 2024. DOI: 10.1002/ldr.5004.
- ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007.
- BAI, Zhanguo; RUSS, Jason Daniel; MAYR, Kentaro Florian; DENT, David. How is Gaia doing? Trends in global land degradation and improvement. **Ambio**, [S. l.], v. 54, n. 11, p. 1902–1938, 2025. DOI: 10.1007/s13280-025-02179-9.
- BALOGH, Qadar Bakhsh; SHAH, Syed Naseeb; IQBAL, Nadeem; SHEERAZ, Muhammad; ASADULLAH, Muhammad; MAHAR, Sourath; KHAN, Asia Umar. Impact of tourism development upon environmental sustainability: a suggested framework for sustainable ecotourism. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 5917–5930, 2023. DOI: 10.1007/s11356-022-22496-w.
- CACHO, Oscar. An analysis of externalities in agroforestry systems in the presence of land degradation. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 131–143, 2001. DOI: 10.1016/S0921-8009(01)00203-8.
- CERDÀ, Artemi et al. Tillage Versus No-Tillage. Soil Properties and Hydrology in an Organic Persimmon Farm in Eastern Iberian Peninsula. **Water**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 1539, 2020. DOI: 10.3390/w12061539.
- CHENG, Lei et al. Warming enhances old organic carbon decomposition through altering functional microbial communities. **The ISME Journal**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 1825–1835, 2017. DOI: 10.1038/ismej.2017.48.
- COLUZZI, Rosa; BIANCHINI, Leonardo; EGIDI, Gianluca; CUDLIN, Pavel; IMBRENDA, Vito; SALVATI, Luca; LANFREDI, Maria. Density matters? Settlement expansion and land degradation in Peri-urban and rural districts of Italy. **Environmental Impact Assessment Review**, [S. l.], v. 92, p. 106703, 2022. DOI: 10.1016/j.eiar.2021.106703.
- DELONG, Catherine; CRUSE, Richard; WIENER, John. The Soil Degradation Paradox: Compromising Our Resources When We Need Them the Most. **Sustainability**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 866–879, 2015. DOI: 10.3390/su7010866.

- ELHINI, Maha; HASSABALLA, Hoda; SIMPSON, Nicholas P.; BALBAA, Maha; IBRAHIM, Remah; MANSOUR, Sameh; ABOU-KOTA, Mohamed E.; GANZOUR, Shimaa. The land degradation and desertification-socioeconomic nexus in Egypt's delta region: A case study on Alexandria and Beheira. **Heliyon**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. e31165, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e31165.
- FENG, Kun; WANG, Tao; LIU, Shulin; YAN, Changzhen; KANG, Wenping; CHEN, Xiang; GUO, Zichen. Path analysis model to identify and analyse the causes of aeolian desertification in Mu Us Sandy Land, China. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 124, p. 107386, 2021. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107386.
- GAO, Jay; LIU, Yansui. Determination of land degradation causes in Tongyu County, Northeast China via land cover change detection. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 9–16, 2010. DOI: 10.1016/j.jag.2009.08.003.
- GIDEY, Gebre; GOITOM, Gebrekidam. Rapid Population Growth as Foremost Cause of Land Degradation in Ethiopia: A Review. **Journal of Environment and Earth Science**, [S. l.], v. 11, n. 8, 2021. DOI: 10.7176/JEES/11-8-02. Disponível em: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/57023>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- GOMIS, Muhandiramge Kasun Samadhi; OLADINRIN, Olugbenga Timo; SAINI, Mandeep; PATHIRAGE, Chaminda; ARIF, Mohammed. A scientometric analysis of global scientific literature on learning resources in higher education. **Heliyon**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. e15438, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e15438.
- GUERRA-MARTÍNEZ, Francisco; GARCÍA-ROMERO, Arturo; CRUZ-MENDOZA, Andrea; OSORIO-OLVERA, Laura. Regional analysis of indirect factors affecting the recovery, degradation and deforestation in the tropical dry forests of Oaxaca, Mexico. **Singapore Journal of Tropical Geography**, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 387–409, 2019. DOI: 10.1111/sjtg.12281.
- HAMMAD, A. Abu; TUMEIZI, A. Land degradation: socioeconomic and environmental causes and consequences in the eastern Mediterranean. **Land Degradation & Development**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 216–226, 2012. DOI: 10.1002/ldr.1069.
- HAO, Fang-hua; CHANG, Ying; NING, Da-tong. Assessment of China's economic loss resulting from the degradation of agricultural land in the end of 20th century. **Journal of Environmental Sciences**, China, v. 16, n. 2, p. 199–203, 2004.

- HOLDEN, Stein; SHIFERAW, Bekele; PENDER, John. Non-farm income, household welfare, and sustainable land management in a less-favoured area in the Ethiopian highlands. **Food Policy**, Less Favoured Areas. [*S. l.*], v. 29, n. 4, Less Favoured Areas, p. 369–392, 2004. DOI: 10.1016/j.foodpol.2004.07.007.
- IMAM, Fatima Ezzahrae; ASSENNATO, Francesca; PULINA, Antonio; SEDDAIU, Giovanna; SMIRAGLIA, Daniela. **Desertification risk: Bibliometric analysis and future research directions.** , 2025. DOI: 10.5194/egusphere-egu25-17624. Disponível em: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU25/EGU25-17624.html>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- ISTANBULY, Mustafa Nur; KRÁSA, Josef; AMIRI, Bahman Jabbarian. How Socio-Economic Drivers Explain Landscape Soil Erosion Regulation Services in Polish Catchments. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [*S. l.*], v. 19, n. 4, 2022. DOI: 10.3390/ijerph19042372. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/4/2372>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- JIANG, Chong; WANG, Yixin; YANG, Zhiyuan; ZHAO, Ying. Do adaptive policy adjustments deliver ecosystem-agriculture-economy co-benefits in land degradation neutrality efforts? Evidence from southeast coast of China. **Environmental Monitoring and Assessment**, [*S. l.*], v. 195, n. 10, p. 1215, 2023. DOI: 10.1007/s10661-023-11821-6.
- KANSANGA, Moses Mosonsieyiri; LUGINAAH, Isaac; BEZNER KERR, Rachel; DAKISHONI, Laifolo; LUPAFYA, Esther. Determinants of smallholder farmers' adoption of short-term and long-term sustainable land management practices. **Renewable Agriculture and Food Systems**, [*S. l.*], v. 36, n. 3, p. 265–277, 2021. DOI: 10.1017/S1742170520000289.
- KASSYMOVA, Sanimkul; MUSTAFAYEV, Kanat; KABIIYEVA, Assem. Development of an Ecological-Economic Assessment System for the Sustainable Development of Regions in Kazakhstan. **ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal**, [*S. l.*], v. 13, n. 4, p. 339–361, 2025. DOI: 10.2478/eoik-2025-0099.
- KUMAR, Satish; PANDEY, Neeraj; LIM, Weng Marc; CHATTERJEE, Akash Nil; PANDEY, Nitesh. What do we know about transfer pricing? Insights from bibliometric analysis. **Journal of Business Research**, [*S. l.*], v. 134, p. 275–287, 2021. DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.05.041.
- LIU, Hongbin; LUO, Xiaojuan. Understanding Farmers' Perceptions and Behaviors towards Farmland Quality Change in Northeast China: A Structural Equation Modeling

- Approach. **Sustainability**, [*S. l.*], v. 10, n. 9, 2018. DOI: 10.3390/su10093345. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3345>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- MADARÁSZ, Balázs; JAKAB, Gergely; SZALAI, Zoltán; JUHOS, Katalin; KOTROCZÓ, Zsolt; TÓTH, Adrienn; LADÁNYI, Márta. Long-term effects of conservation tillage on soil erosion in Central Europe: A random forest-based approach. **Soil and Tillage Research**, [*S. l.*], v. 209, p. 104959, 2021. DOI: 10.1016/j.still.2021.104959.
- MAIALETTI, Marco; CLEMENTE, Matteo; RONTOS, Kostas; SCARPITTA, Donato; STEFANONI, Alessandra; ROSSI, Fabrizio; SATERIANO, Adele; SALVATI, Luca. Climate-Driven vs Human-Driven Land Degradation? The Role of Urbanization and Agricultural Intensification in Italy, 1960–2030. **Sustainability**, [*S. l.*], v. 16, n. 20, 2024. a. DOI: 10.3390/su16208938. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/20/8938>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- MAIALETTI, Marco; HALBAC-COTOARA-ZAMFIR, Rares; VARDOPOULOS, Ioannis; SALVATI, Luca. Early Desertification Risk in Advanced Economies: Summarizing Past, Present and Future Trends in Italy. **Earth**, [*S. l.*], v. 5, n. 4, p. 690–706, 2024. b. DOI: 10.3390/earth5040036.
- MUGARI, Ephias; MAMABOLO, Emogine; MATHEBULA, Norman; MOGALE, Tlou E.; MASHALA, Makgabo Johanna; MABITSELA, Kabisheng; AYISI, Kwabena K. Barriers and enablers to implementing on-farm sustainable land management (SLM) practices among smallholder farmers in Mphanama, Limpopo Province, South Africa. **Scientific African**, [*S. l.*], v. 28, p. e02750, 2025. DOI: 10.1016/j.sciaf.2025.e02750.
- NKONYA, Ephraim; ANDERSON, Weston. Exploiting provisions of land economic productivity without degrading its natural capital. **Journal of Arid Environments**, [*S. l.*], v. 112, p. 33–43, 2015. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2014.05.012.
- PACHECO, Fernando António Leal; SANCHES FERNANDES, Luís Filipe; VALLE JUNIOR, Renato Farias; VALERA, Carlos Alberto; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, [*S. l.*], v. 5, p. 79–86, 2018. DOI: 10.1016/j.coesh.2018.07.002.
- PÉREZ-CAMPDESUÑER, Reyner; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, Alexander; MARTÍNEZ-VIVAR, Rodobaldo; MIGUEL-GUZMÁN, Margarita De; GARCÍA-VIDAL, Gelmar. Bias in Citation Visibility: Temporal Dynamics and the Unequal Life Cycle of Academic Articles—Evidence from SME and Internationalization Research. **Publications**, [*S. l.*],

- v. 13, n. 4, 2025. DOI: 10.3390/publications13040062. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-6775/13/4/62>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- PIAO, Tianyu; SHI, Hongyu. Consequences of Land Degradation Under Climate Stress in Northern China: Linking Agriculture, Water, and Rural Development. **Land Degradation & Development**, [S. l.], v. n/a, n. n/a, [s.d.]. DOI: 10.1002/ldr.70283. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.70283>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- POSIT TEAM. **RStudio: Integrated Development Environment for R**. Boston, MA: Posit Software, PBC, 2025. Disponível em: <http://www.posit.co/>.
- PRATHEEPA, C. M.; RAJ, Rengalakshmi; SINHA, Shreya. The socio-ecological contradictions of land degradation and coastal agriculture in south India. **Environment and Planning E: Nature and Space**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 391–411, 2023. DOI: 10.1177/25148486221079720.
- PRĂVĂLIE, Remus. Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. **Earth-Science Reviews**, [S. l.], v. 220, p. 103689, 2021. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103689.
- PRĂVĂLIE, Remus; NITA, Ion-Andrei; PATRICHE, Cristian; NICULIȚĂ, Mihai; BIRSAN, Marius-Victor; ROȘCA, Bogdan; BANDOC, Georgeta. Global changes in soil organic carbon and implications for land degradation neutrality and climate stability. **Environmental Research**, [S. l.], v. 201, p. 111580, 2021. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111580.
- SAFAA, Tighazri; ICHRAQ, Hammou; OLAYA, Metwalli; L'HOUSSAINE, Mounaim. Digital transformation and user experience: A bibliometric analysis of academic research (2014–2024). **International Journal of Innovative Research and Scientific Studies**, [S. l.], v. 8, n. 7, p. 237–251, 2025. DOI: 10.53894/ijirss.v8i7.10431.
- SALVATI, Luca; CARLUCCI, Margherita. Zero Net Land Degradation in Italy: The role of socioeconomic and agro-forest factors. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 145, p. 299–306, 2014. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.07.006.
- SALVATI, Luca; ZITTI, Marco. Substitutability and weighting of ecological and economic indicators: Exploring the importance of various components of a synthetic index. **Ecological Economics**, Participation and Evaluation for Sustainable River Basin Governance. [S. l.], v. 68, n. 4, Participation and Evaluation for Sustainable River Basin Governance, p. 1093–1099, 2009. a. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.07.017.b

- SALVATI, Luca; ZITTI, Marco. Assessing the impact of ecological and economic factors on land degradation vulnerability through multiway analysis. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 357–363, 2009. b. DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.04.001.
- SCHWAMBACK, Dimaghi; AMORIM BRANDÃO, Abderraman R.; BERTOTTO, Luis Eduardo; BERNDTSSON, Ronny; ZHANG, Linus; WENDLAND, Edson; PERSSON, Magnus. Quantifying Soil Loss in the Brazilian Savanna Ecosystem: Current Rates and Anticipated Impact of Climate Changes. **Land Degradation & Development**, [S. l.], v. 35, n. 18, p. 5786–5803, 2024. DOI: 10.1002/ldr.5331.
- SHI, Xinyu; ZHAO, Xiaoqing; PU, Junwei; HUANG, Pei; GU, Zexian; CHEN, Yanjun. Evolution Modes, Types, and Social-Ecological Drivers of Ecologically Critical Areas in the Sichuan–Yunnan Ecological Barrier in the Last 15 Years. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 19, n. 15, 2022. DOI: 10.3390/ijerph19159206. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/15/9206>. Acesso em: 29 jan. 2026.
- SHIFERAW, Bekele; HOLDEN, Stein T. Policy instruments for sustainable land management: the case of highland smallholders in Ethiopia. **Agricultural Economics**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 217–232, 2000. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2000.tb00071.x.
- STAVI, Ilan; THEVS, Niels; PRIORI, Simone. Soil Salinity and Sodicity in Drylands: A Review of Causes, Effects, Monitoring, and Restoration Measures. **Frontiers in Environmental Science**, [S. l.], v. 9, p. 712831, 2021. DOI: 10.3389/fenvs.2021.712831.
- SUTTON, Paul C.; ANDERSON, Sharolyn J.; COSTANZA, Robert; KUBISZEWSKI, Ida. The ecological economics of land degradation: Impacts on ecosystem service values. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 129, p. 182–192, 2016. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2016.06.016.
- UCELLA-FILHO, João Gilberto Meza; FREIRE, Ageu Da Silva Monteiro; CARRÉRA, Jéfyne Campos; LUCAS, Fernanda Moura Fonseca; ZUCOLOTTI, Silvana Maria; DIAS JÚNIOR, Ananias Francisco; MORI, Fábio Akira. Tannin-rich bark extract of plants as a source of antimicrobial bioactive compounds: A bibliometric analysis. **South African Journal of Botany**, [S. l.], v. 150, p. 1038–1050, 2022. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.09.018.
- UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. **Zero Net Land Degradation: A Sustainable Development Goal for Rio+20**: UNCCD Secretariat

- Policy Brief. Bonn: UNCCD, 2012. Disponível em: [https://catalogue.unccd.int/58\\_Zero\\_Net\\_Land\\_Degradation.pdf](https://catalogue.unccd.int/58_Zero_Net_Land_Degradation.pdf).
- UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. **United Nations Millennium Declaration**. New York, NY: United Nations, 2000. Disponível em: <https://undocs.org/A/RES/55/2>.
- UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York, NY: United Nations, 2015. Disponível em: <https://undocs.org/A/RES/70/1>.
- VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, [S. l.], v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010. DOI: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- WANG, Ming-Xu; LIANG, Long-Ni; SIU, Weast Siu; FAN, Dan; SUN, Hao-Ran; ZHAO, Hui-Hui; ZHOU, Guang-Jie; WU, Wen-Jun. Loss accounting of environmental pollution within Pearl River Delta region, South China. *Environmental Pollution*, [S. l.], v. 249, p. 676–685, 2019. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.03.081.
- WARSAME, Abdimalik Ali; ABDI, Abdikafi Hassan. Towards sustainable crop production in Somalia: Examining the role of environmental pollution and degradation. *Cogent Food & Agriculture*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 2161776, 2023. DOI: 10.1080/23311932.2022.2161776.
- XIE, Hualin; ZHANG, Yanwei; WU, Zhilong; LV, Tiangui. A Bibliometric Analysis on Land Degradation: Current Status, Development, and Future Directions. *Land*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 28, 2020. DOI: 10.3390/land9010028.

## Capítulo 2. Impacto da degradação de pastagens na economia de municípios

### Resumo

A degradação de pastagens representa um grande desafio para a sustentabilidade da pecuária brasileira, com impactos que vão além dos diversos prejuízos ao meio ambiente e que podem atingir aspectos econômicos e sociais. Poucos são os estudos que procuram entender a magnitude desse impacto principalmente à nível municipal. Logo, o presente estudo teve como objetivo quantificar o impacto da degradação das pastagens na economia de municípios entre os anos de 2000 e 2022. Os municípios escolhidos para estudo de caso foram os do estado de Minas Gerais, conhecido pelo seu longo histórico com a atividade pecuária. Utilizou-se uma abordagem metodológica baseada na análise de autocorrelação espacial pelo índice de Moran local para identificar regiões vulneráveis, seguidas pela estimação de modelos econométricos de dados em painel com efeitos fixos. A análise espacial revelou agrupamentos críticos de alta degradação e baixa produtividade econômica, especialmente no leste mineiro. Os resultados dos modelos indicaram que a degradação das pastagens exerce um impacto negativo sobre indicadores econômicos importantes, sendo eles o PIB per capita e os valores de produção dos principais ramos do agronegócio. Conclui-se que a recuperação de pastagens degradadas incentivadas por políticas públicas como o Plano ABC e o Novo Código Florestal de 2012 é essencial não apenas para o cumprimento de metas ambientais, mas como estratégia de melhoria econômica e produtiva dos municípios.

**Palavras-chave:** áreas degradadas; indicadores socioeconômicos; econometria; análise em painel

## Introdução

A pecuária bovina é historicamente uma das principais atividades econômicas do Brasil. O seu início remonta ao período colonial, quando o gado foi trazido para abastecimento interno e como estratégia de ocupação do território brasileiro ao longo dos séculos XVI e XVII (Luna; Klein, 2023). Atualmente, essa atividade participa de aproximadamente 8% do Produto Interno Bruto nacional (Biscola; Malafaia, 2025), com 238 milhões de animais destinados tanto para a produção interna quanto para exportação (IBGE, 2024a). A pecuária bovina é conduzida tradicionalmente em sistema extensivo, onde as pastagens são predominantemente formadas por gramíneas dos gêneros *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) e *Megathyrsus* (syn. *Panicum*) (Guarda; Guarda, 2014). Por essa razão a pastagem predomina na paisagem brasileira, ocupando 164 milhões de hectares (19%) do território nacional (Projeto MapBiomias, 2023). Entretanto, embora a pastagem seja abundante no país, mais da metade dela sofre algum tipo de degradação (Santos *et al.*, 2022).

Dentre os estados brasileiros Minas Gerais se destaca como um dos casos emblemáticos de degradação das pastagens. Desde o século XVIII o estado é um dos principais produtores de gado, chegando a fornecer metade do leite e dois terços dos queijos comercializados no país na década de 1920 (Carrara; Benites, 2023). No último século a pecuária também avançou para outros estados, mas Minas Gerais ainda detém o posto de sexto maior abatedor de bovinos e o primeiro em produção de leite (IBGE, 2024b). Devido à ampla produção bovina, 38% do território do estado é ocupado por pastagem, sendo 76% possuindo algum grau de degradação (LAPIG, 2024).

A degradação de pastagens é um fenômeno que se caracteriza pela redução acentuada e contínua do pasto ao longo do tempo, podendo haver plantas daninhas e exposição de solo (Dias-Filho, 2023). As causas dessa degradação estão associadas a práticas inadequadas de manejo, como superlotação de gado, uso excessivo do fogo, falhas no estabelecimento da pastagem, além de fatores bióticos e abióticos, como ataques de patógenos e excesso ou falta de chuvas (Dias-Filho, 2023). A diminuição da cobertura do solo aumenta o efeito da compactação pelo pisoteio do gado, aumentando o escoamento superficial, perda de nutrientes do solo (lixiviação), erosão e assoreamento de cursos d'água (Muller *et al.*, 2001). O assoreamento é consequência direta do processo de escoamento superficial das águas em solos sem cobertura vegetal, diminuindo a profundidade e o volume d'água das bacias e comprometendo o sistema aquático, seja para navegação, agricultura, consumo humano ou geração de energia elétrica (Pequeno *et al.*, 2002). Estudos indicam que as pastagens degradadas

perdem até sete vezes mais solo por erosão do que as pastagens bem manejadas (Galdino *et al.*, 2016), além de reterem 16% menos carbono orgânico (Oliveira *et al.*, 2022).

Há evidências de que a degradação de pastagens no Brasil também se relaciona com questões econômicas. Santos *et al.* (2022) constataram uma melhoria geral da qualidade das áreas entre 2010 e 2018, mas com diferenças entre as pequenas e grandes propriedades rurais. As pequenas propriedades (20 a 440 hectares) tiveram menor recuperação das pastagens degradadas e maior queda de qualidade quando comparadas a propriedades maiores, enquanto regiões que não usaram práticas conservacionistas são as que tiveram os menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDHs). Pereira *et al.* (2018) demonstraram que a distribuição das áreas degradadas no Cerrado está fortemente correlacionada com a pobreza. Isso se deve à dificuldade que os produtores de baixa renda têm para implementar práticas conservacionistas no manejo das pastagens. Não surpreendentemente, os municípios com maior área degradada no país também são aqueles de menor produtividade pecuária (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Entretanto, estudos indicam que 28 milhões de hectares de pastagens degradadas no país se encontram em áreas com potencial para culturas agrícolas (Bolfe *et al.*, 2024). Isso aponta para uma oportunidade de elevar a produtividade agropecuária e promover o desenvolvimento econômico de regiões vulneráveis.

Visando fomentar a agricultura sustentável o governo brasileiro criou em 2010 o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (“Plano ABC”) com umas das metas de recuperar 15 milhões de hectares de pastagens até 2020 (Brasil, 2012). O programa atingiu 27 milhões de hectares, e este sucesso estimulou a criação do Plano ABC+ com a previsão de recuperar 30 milhões de hectares até 2030 (Brasil, 2021). Além do Plano ABC, o Brasil aprovou em 2012 o Novo Código Florestal (Brasil, 2012). Esta lei estabelece normas de uso e proteção da vegetação, trazendo em seu texto as definições Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal (RL) nas propriedades rurais. As APPs são as áreas de vegetação nativa ao longo de cursos d’água, em torno de reservatórios, nascentes, áreas de encostas com declividade superior a 45°, topos de morros, dentre outras especificações. Já as Reservas Legais são áreas dentro das propriedades que devem conter cobertura de vegetação nativa, tendo proporções mínimas de área ocupada de acordo com o bioma em que se encontra a propriedade. Essa proporção é de 80% para as propriedades na Amazônia Legal, 35% no Cerrado, e 20% se for em áreas de campos gerais e demais regiões.

A redução do desmatamento no país entre 2005 e 2021 está diretamente relacionada ao Código Florestal em conjunto com outras políticas governamentais (Parras *et al.*, 2024). Entretanto, a sua relação com a recuperação das áreas degradadas ainda não está clara. Nesse

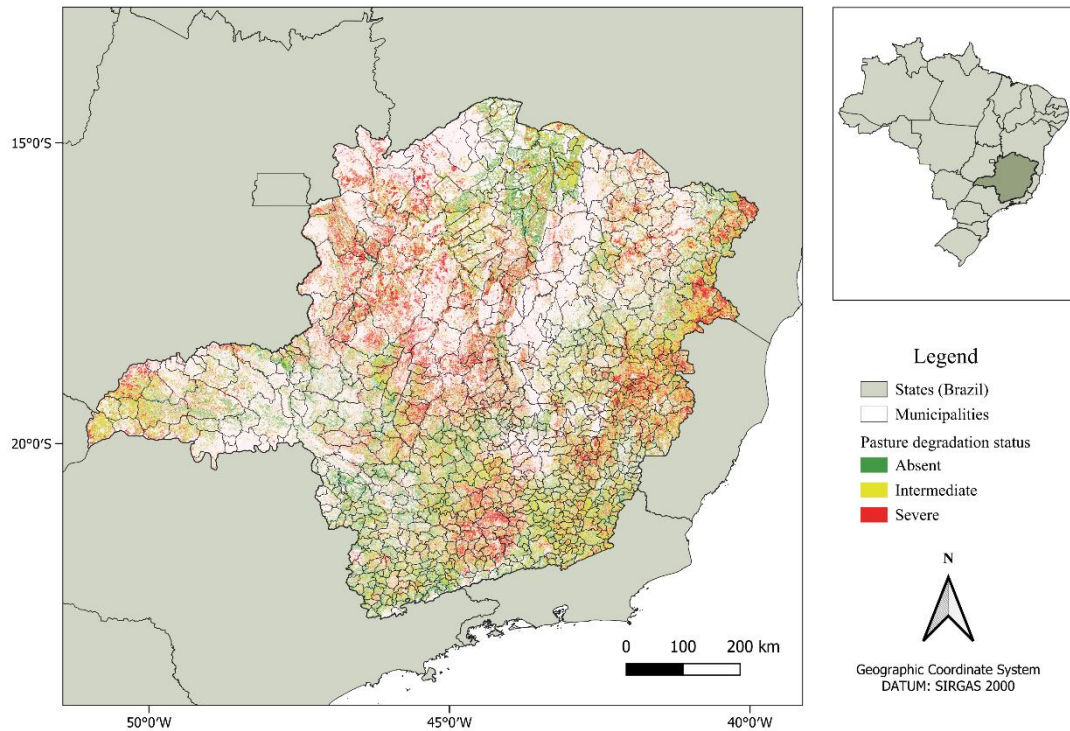
contexto, a restauração florestal em áreas de pastagens degradadas, principalmente em degradação severa, surge como uma estratégia promissora de recuperação ambiental. Isso ocorre porque a restauração florestal aumenta o potencial de regeneração das áreas em seu entorno, criando condições ambientais mais favoráveis para o crescimento da vegetação (Barbosa *et al.*, 2025). Tais áreas poderiam ser priorizadas para projetos de restauração visando a regularização de propriedades que não estão em conformidade com a lei. Em Minas Gerais, por exemplo, estima-se um passivo ambiental de 3,5 milhões de hectares de RL e APPs que necessitam de intervenção (Morais Júnior *et al.*, 2024).

Estudos que visem compreender impacto social da degradação das pastagens são fundamentais para apoiar a elaboração de políticas públicas efetivas para o desenvolvimento sustentável da agricultura. Dessa forma, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar o impacto econômico da degradação de pastagens em nível municipal, levando em consideração a evolução da área degradada e diferentes indicadores socioambientais. Foi proposto um método para quantificar a magnitude desse impacto bem como a relação deles com a implementação de políticas de recuperação de áreas degradadas. O trabalho focou no estado de Minas Gerais no período de 2000 a 2022, e na implementação do Plano ABC e o Código Florestal.

## **Metodologia**

### *Área de estudo*

O trabalho focou nos municípios do estado de Minas Gerais, Brasil. O estado tem atualmente o quarto maior rebanho bovino do país, com aproximadamente 22 milhões de cabeças criadas em sistema extensivo, atrás dos estados do Mato Grosso, Pará e Goiás (IBGE, 2024a). O estado possui aproximadamente 22 milhões de hectares (38% de seu território) coberto por pastagem, sendo 46% dessa área com degradação intermediária e 30% com degradação severa (Figura 1).



**Figura 1.** Indicativo de degradação de pastagem para o ano de 2023 para o estado de Minas Gerais (Fonte: Atlas das Pastagens).

Minas Gerais se destaca entre os demais estados pelo histórico de forte degradação iniciada no século XVIII, onde a mineração gerou fortes transformações na paisagem, com a supressão da vegetação, assoreamento de rios, entre outros impactos (Guimarães; Moraes, 2018). A produção de gado no Brasil era secundária neste período, visando abastecimento da atividade mineradora, mas se tornou protagonista após o declínio da mineração (Silva; Boaventura; Fioravanti, 2012). Já em meados do século XX, algumas regiões do estado, como o Leste de Minas, eram reconhecidas pela pecuária mais forte do país, conquistada graças a grandes áreas de florestas convertidas em pastagens. Contudo, a atividade da região se manteve com as práticas tradicionais da época enquanto em outras regiões, como no Oeste do estado (Triângulo Mineiro), houve implementação de métodos conservacionistas e de maior eficiência produtiva (Carvalho; Matos, 2016).

### *Aquisição, descrição e tratamento dos dados*

Os dados abrangem os anos de 2000 a 2022 (23 anos ao todo), de forma a contemplar 10 anos antes e depois do Plano ABC e o Código Florestal. Os dados de área de pastagem degradada à nível municipal foram adquiridos da plataforma Atlas das Pastagens (LAPIG-UFG, 2022). A plataforma fornece mapas anuais de áreas degradadas baseados na análise do Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index* – EVI) derivados do sistema MODIS-MOD13Q1, sendo o EVI normalizado para cada bioma. Os mapas consideram três classes de degradação: “ausente” ( $EVI > 0,6$ ), intermediária ( $0,6 \leq EVI \leq 0,4$ ), e “severa” ( $EVI < 0,4$ ). No presente estudo as áreas foram reclassificadas em não degradadas (ausente), e degradada (intermediária + severa).

Análises socioeconômicas são sempre desafiadoras pois há diferentes variáveis que podem ser consideradas. As variáveis baseadas em valores monetários serão tratadas aqui na moeda brasileira (real, R\$), sendo que a sua taxa de câmbio para o dólar americano (US\$/R\$) na série histórica teve valor mínimo, médio e máximo de 0,168, 0,393 e 0,652, respectivamente, com os menores valores ocorridos após 2015. As variáveis consideradas foram: o Produto Interno Bruto *per capita* (PIB, em reais); produção do leite (PL, em mil reais); produção das lavouras temporárias (PLT, em mil reais), cujo ciclo é de no máximo 12 meses; produção das lavouras permanentes (PLP, em mil reais), cujo ciclo é maior que um ano; produção da silvicultura (PS, em mil reais); número de habitantes por quilômetro quadrado, isto é, a densidade populacional (POP); número de cabeças de gado (CG); taxa de urbanização (TUR, percentual), sendo o percentual de habitantes na zona urbana; esforço orçamentário em agropecuária (ORC, percentual), sendo o percentual do orçamento municipal destinado à atividade em relação as despesas totais anuais; e percentual de cobertura vegetal por flora nativa (CV).

As variáveis PIB, PL, PLT, PLP e PS foram escolhidas de forma a caracterizar tanto a economia municipal como um todo quanto a economia ligada às principais atividades agropecuárias do estado. As variáveis POP e TUR são usadas para controlar a escala econômica. O processo de urbanização é referente a uma aglomeração populacional nas cidades, e espera-se que o tamanho da população e o nível de urbanização tenha um efeito positivo no crescimento econômico (Liu, Yang e Cui, 2024). A variável CG foi escolhida por também estar diretamente ligada à produção pecuária e servir como um indicador de intensidade do uso do solo para a atividade. A variável ORC mostra de forma relativa o quanto do orçamento municipal é destinado à atividade agropecuária. Isso pode ajudar na compreensão de como o subsídio ou

políticas de fomento municipais atuam em relação à produção do município. Por fim, a variável CV é importante para verificar como o desempenho econômico dos municípios está atrelado ao aumento ou diminuição da cobertura vegetação nativa. Os dados foram obtidos de bases oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<https://www.ibge.gov.br/>) e da Fundação João Pinheiro (<https://imrs.fjp.mg.gov.br>). Os dados populacionais advêm do censo nacional realizado a cada cinco anos, de modo que os valores anuais (POP) foram estimados por interpolação entre dois anos consecutivos de registro. Todas as variáveis estão descritas na Tabela 1 com seus respectivos tratamentos.

**Quadro 1.** Resumo das variáveis coletadas para as análises.

Dado/variável	Descrição	Fonte	Período	Tratamento dos dados
DEG	Percentual da área de pastagem degradada	Atlas das Pastagens – LAPIG/UFG	2000-2022	Reclassificação das classes de degradação: ausente (EVI>0,6) = não degradada; intermediária e severa (EVI ≤ 0,6) = degradada
PIB	Produto Interno Bruto per capita (R\$)	IBGE	2002-2022	Deflacionado pelo deflator implícito do PIB (IPEA); valores em preços constantes
PL	Produção do leite (mil R\$)	IBGE	2000-2022	Deflacionado pelo deflator implícito do PIB (IPEA); valores em preços constantes
PLT	Produção das lavouras temporárias (mil R\$)	IBGE	2000-2022	Deflacionado pelo deflator implícito do PIB (IPEA); valores em preços constantes
PLP	Produção das lavouras permanentes (mil R\$)	IBGE	2000-2022	Deflacionado pelo deflator implícito do PIB (IPEA); valores em preços constantes
PS	Produção da silvicultura (mil R\$)	IBGE	2000-2022	Deflacionado pelo deflator implícito do PIB (IPEA); valores em preços constantes
CG	Número de cabeças de gado	IBGE	2000-2022	Valores anuais brutos

Dado/variável	Descrição	Fonte	Período	Tratamento dos dados
POP	Densidade populacional (hab/km <sup>2</sup> )	IBGE	2000-2022	Interpolação linear entre anos censitários
TUR	Taxa de urbanização (%)	Fundação João Pinheiro	2000-2022	Percentual da população residente em área urbana
ORC	Esforço orçamentário em agropecuária (%)	Fundação João Pinheiro	2000-2022	Percentual do orçamento municipal destinado à agropecuária
CV	Cobertura vegetal nativa (%)	Fundação João Pinheiro	2000-2022	Percentual de cobertura vegetal por flora nativa

Para eliminar o efeito da inflação sobre as variáveis monetárias foi aplicado o deflator implícito do produto interno bruto (% a.a.) do Instituto Brasileiro de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (<https://ipeadata.gov.br/>). Inicialmente, a série original foi normalizada usando a equação (1). Para as variáveis PL, PLT, PLP e PS, o ano base foi de 2000, quando a série histórica se inicia. Já para o PIB, o ano base foi de 2002, quando se iniciou a série histórica dessa variável. Em seguida, as variáveis monetárias foram deflacionadas usando a equação (2).

$$DN_a = \frac{D_a}{DB_{ab}} \quad (1)$$

$$VD = 100 \frac{VN_a}{DN_a} \quad (2)$$

onde  $D_a$  é o deflator implícito do PIB;  $DB$  é o deflator base;  $DN_a$  é o deflator normalizado;  $VN_a$  representa o valor nominal da variável; e  $VD$  corresponde ao valor deflacionado expresso em preços constantes. Os subscritos  $a$  e  $ab$  representam o ano e o ano-base, respectivamente.

Para avaliar o impacto das políticas públicas foram construídas variáveis binárias para o Plano ABC (ABC) e o Código Florestal (CF), bem como uma medida de exposição à degradação (EPD). A variável ABC assume valor 1 apenas para os anos de 2010 e 2011 (anos de implementação do plano ABC) e 0 para os demais anos, enquanto a variável CF assume valor 1 a partir de 2012 (ano de implementação da lei). A exposição à degradação (EPD) é definida como a média histórica do percentual de área degradada (referido aqui como DEG) em cada município, calculada para o período de 2000 a 2009, anterior à primeira política

implementada, no caso, o Plano ABC. A variável EPD foi centralizada na média para representar o quanto cada município se afasta da média geral de degradação prévia da amostra. Assim, valores positivos indicam exposição acima da média e valores negativos seriam aqueles abaixo da média. Ambas as variáveis ABC e CF foram combinadas para testar o efeito de cada política. As combinações se deram pela simples multiplicação de cada variável binária pela exposição (EPD), denominadas aqui de ABCxEPD e CFxEPD. Essas duas variáveis combinadas seriam as medidas de contribuição de cada política em relação à variação da degradação prévia existente dos municípios.

## *Análises*

### *Análise em painel*

O conjunto de séries temporais de cada município do estado configura uma base de dados em painel (Wooldridge, 2007). A análise em painel foi aplicada para avaliar como a evolução das pastagens degradadas impacta cada um dos indicadores econômicos dos municípios (PIB, PL, PLT, PLP e PS). Cada um destes indicadores foi regredido contra a variável DEG e os indicadores socioambientais POP, CG, TUR, ORC, CV, ABCxEPD e CFxEPD seguindo o modelo (3). Os indicadores socioambientais foram tratados como variáveis de controle para evitar problemas de endogeneidade causados por subespecificação do modelo. As variáveis combinadas (ABCxEPD e CFxEPD) terão a função de testar a heterogeneidade do efeito das políticas públicas, isto é, se elas têm variações ao longo do tempo. Caso o coeficiente do ABCxEPD ou CFxEPD seja significativo, será demonstrado que o impacto da política sobre a variável dependente é diferente nos municípios com maior exposição prévia à degradação, comparado com os municípios de exposição média.

$$I_{jt} = \beta_0 + \beta_1 \text{DEG}_{jt} + \beta_2 \text{POP}_{jt} + \beta_3 \text{CG}_{jt} + \beta_4 \text{TXUR}_{jt} + \beta_5 \text{ORC}_{jt} + \beta_6 \text{CV}_{jt} + \beta_7 \text{ABCxEPD} + \beta_8 \text{CFxEPD} + \varepsilon_{jt} \quad (3)$$

onde  $I$  é o indicador;  $\beta_1, \dots, \beta_8$  são os parâmetros do modelo; e  $\varepsilon_{jt}$  é o erro aleatório do indicador. Os subscritos  $j$  e  $t$  referem-se ao município  $j$  no ano  $t$ .

Os modelos foram ajustados no ambiente RStudio versão 4.2 (Posit Team, 2025) com o pacote *plm* (Croissant; Millo, 2008). Todos os modelos tiveram valor de índice de inflação de

variância (*variance inflator factor*, VIF) menores que 2, indicando baixa multicolinearidade entre as variáveis.

Em análises de dados em painel é necessário definir qual tipo de estimador será utilizado, dependendo da heterogeneidade dos dados. Existem três tipos de estimadores: o *Pooled*, onde assume-se que não existe heterogeneidade, sendo os parâmetros estimados por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO); o estimador de efeitos fixos, onde admite-se que existe heterogeneidade correlacionado com as variáveis explicativas do modelo; e o estimador de efeitos aleatórios, onde admite-se que o componente de efeito não observado é não-correlacionado com as variáveis explicativas (Gujarati; Porter, 2011; Wooldridge, 2007). Para definir o melhor estimador para o modelo foram realizados os testes de F de Chow (Chow, 1960), que compara o estimador *Pooled* ao de efeitos aleatórios, Breusch-Pagan (Breusch; Pagan, 1980), que compara o estimador *Pooled* com o de efeitos aleatórios, e Hausman (Hausman, 1978), que compara o estimador de efeitos aleatórios com o de efeitos fixos. Os testes demonstraram que todos os modelos deveriam ser ajustados com o estimador de efeitos fixos.

Foram realizados testes para verificar possíveis violações dos pressupostos estatísticos para dados em painel. Os testes realizados foram o de Pesaran (Pesaran, 2004) para avaliação de dependência transversal, ou seja, entre os municípios; Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade do resíduo; Breusch-Pagan (Breusch; Pagan, 1979) para heterocedasticidade do resíduo; e teste de Wooldridge (Wooldridge, 2010a) para autocorrelação. Embora o teste de Shapiro-Wilk tenha indicado a não-normalidade dos resíduos, essa violação não compromete a consistência dos modelos em painéis com muitas observações, já que o estimador de efeitos fixos é consistente e assintoticamente normal (Wooldridge, 2010b). Todos os modelos testados tiveram dependência transversal, heterocedasticidade e autocorrelação, sendo então aplicado a correção dos erros-padrão de Driscoll e Kraay (1998).

### ***Avaliação do impacto diferencial das políticas públicas***

Visto que a variável de exposição prévia à degradação (EPD) foi centralizada na média, as quantidades  $\hat{\beta}_7 \text{ABCxEPD}$  e  $\hat{\beta}_8 \text{CFxEPD}$  representariam o impacto dessas políticas públicas no conjunto de municípios do estado, aqui referido como efeito diferencial (ED). Para compreender como esse impacto se deu em municípios com diferentes níveis de degradação nós calculamos o ED em três pontos da distribuição de EPD: percentil 25%, 50% e 75%. Esses percentis serão referidos como  $\text{EPD}_{25\%}$ ,  $\text{EPD}_{50\%}$  e  $\text{EPD}_{75\%}$ , representando os municípios de

baixa, média e alta EPD, respectivamente. Explicitamente, o efeito marginal foi calculado usando a equação (4):

$$ED_{ij} = \hat{\beta}_j EPD_i \quad (4)$$

onde  $ED_{ij}$  reflete o efeito marginal da exposição prévia à degradação no percentil  $i = 25\%$ ,  $50\%$ , e  $75\%$  na variável  $j$  (ABCxEPD ou CFxEPD).

### *Análise de agrupamento*

Com o intuito de retratar pontualmente a relação espacial entre a degradação e os indicadores socioeconômicos foi realizada uma análise de autocorrelação espacial utilizando o último ano disponível da série histórica para cada variável, correspondente a 2022 para todos os indicadores econômicos, com exceção do PIB, cujo dado mais recente refere-se a 2021. Aplicou-se o I de Moran Local (Anselin, 1995) para identificar níveis de vulnerabilidade à degradação. A análise foi conduzida no programa GeoDa (<https://geodacenter.github.io>) utilizando matriz de pesos espaciais baseado na adjacência tipo “rainha”, que considera vizinhos com fronteiras ou vértices comuns, e o teste de pseudo-significância com 999 permutações. Foram gerados seis mapas a partir de duas abordagens distintas. A primeira abordagem foi uma análise univariada para a variável DEG, comparando o nível de degradação do município com o nível de degradação dos seus vizinhos. A segunda abordagem envolveu a análise de correlação espacial bivariada, onde a variável DEG foi relacionada com os indicadores econômicos (PIB, PL, PLT, PLP e PS) dos seus vizinhos.

O agrupamento por meio do I de Moran Local pode resultar em quatro classes de interação, sendo elas Alto-Alto (AA), Alto-Baixo (AB), Baixo-Alto (BA) e Baixo-Baixo (BB). A classe AA representaria o agrupamento de localidades com alta degradação cercadas por vizinhos que também possuem alta degradação, indicando focos de maior vulnerabilidade ambiental. A classe BB representaria o oposto, localidades onde a degradação do município e de seus vizinhos é baixa, indicando focos de menor vulnerabilidade. Já as regiões AB indicariam municípios com alta degradação cercada por municípios de baixa degradação, enquanto BA seria o inverso.

A interpretação dos agrupamentos da análise bivariada torna-se diferente ao relacionar a degradação do município com a produtividade econômica de seus vizinhos. A classe AA indicaria municípios com alta degradação cujos vizinhos têm alta produtividade econômica. BB indicaria municípios de baixa degradação cercados por vizinhos de baixa produtividade econômica. AB indicaria áreas de alta degradação cercadas por vizinhos de baixa produtividade

econômica, enquanto BA indicaria áreas de baixa degradação cercadas por vizinhos de alta produtividade econômica.

## **Resultados**

### ***Modelagem em painel***

Embora os modelos diferiram quanto a variável resposta eles tiveram semelhanças quanto ao efeito das variáveis preditoras (Tabela 1). O percentual de área degradada (DEG), foco deste trabalho, foi significativo para todos os modelos. Semelhantemente, as variáveis controle POP, PIB e CV também foram significativas para todos os modelos, juntamente com a variável combinada CFxEPD. Em contraste, a variável TUR foi não significativa em todos os modelos. A variável CG teve coeficientes não nulos apenas para o modelo do PIB, PL e PLT, enquanto o ORC foi significativo apenas para o modelo PLP e PS. A variável combinada ABCxEPD foi significativa para os modelos PL, PLT e PLP.

O sinal e a magnitude dos coeficientes não nulos também diferiram entre as variáveis preditoras e os modelos. Para a variável DEG, o sinal foi negativo para todos os modelos exceto para o PS. O coeficiente de maior magnitude foi do modelo para o PLP, indicando que o aumento de 1 ponto percentual (p.p.) de pastagem degradada reduz em 463 mil reais da produção. A variável CG teve efeito reduzidos e significativo apenas para os modelos do PL (associação positiva) e PLT (associação negativa). As variáveis DPOP e CV tiveram sinal negativo na maioria das estimativas. A densidade populacional (DPOP) apresentou coeficientes não nulos e negativos para todos os modelos de produção (PL, PLT, PLP e PS), embora tenha mostrado uma relação positiva com o PIB. Já a variável CV apresentou coeficientes negativos e de maior magnitude absoluta em todos os modelos. Os maiores coeficientes foram atribuídos aos modelos do PLT e PS, com uma redução de 1,3 e 1,5 milhões de reais, respectivamente, para o aumento de 1 p.p. de vegetação nativa. As variáveis ABCxEPD e CFxEPD tiveram sinais predominantemente positivos. A interação CFxEPD mostrou-se positiva na maioria dos modelos. Sua maior magnitude se deu no modelo PLT. A interação ABCxEPD teve efeito positivo no modelo do PL e PLT, este com a maior magnitude. Para o modelo PLP ambas as variáveis tiveram um efeito negativo, com ABCxEPD e CFxEPD reduzindo 31 e 169 mil reais, respectivamente, na produção de lavouras permanentes.

**Tabela 1.** Resultados dos modelos econométricos para os indicadores econômicos municipais.

Variáveis preditoras	Variáveis resposta				
	PIB	PL	PLT	PLP	PS
DEG	-209,71 (64,29)	-144,26 (29,27)	-374,53 (147,62)	-463,17 (133,72)	43,94 (21,05)
DPOP	44,25 (14,12)	-28,69 (5,36)	-104,22 (15,98)	-44,59 (7,80)	-40,76 (9,36)
CG	-0,10 (0,04)	0,27 (0,05)	-1,32 (0,67)	-0,02 <sup>ns</sup> (0,07)	-0,05 <sup>ns</sup> (0,06)
TUR	-47,31 <sup>ns</sup> (51,28)	-80,09 <sup>ns</sup> (45,26)	-222,65 <sup>ns</sup> (122,52)	-123,02 <sup>ns</sup> (68,47)	-25,20 <sup>ns</sup> (15,25)
ORC	70,51 <sup>ns</sup> (93,07)	-117,67 <sup>ns</sup> (75,39)	-71,28 <sup>ns</sup> (244,25)	-223,67 (112,50)	-144,21 (63,76)
CV	-313,07 (114,65)	-57,23 (19,84)	-1378,81 (325,45)	-302,09 (131,76)	-1544,86 (308,18)
ABC x EPD	21,94 <sup>ns</sup> (11,80)	24,50 (9,19)	68,59 (27,29)	-31,30 (14,55)	18,04 <sup>ns</sup> (9,31)
CF x EPD	105,19 (34,56)	68,57 (16,18)	423,56 (110,28)	-169,81 (36,00)	93,86 (33,59)
R <sup>2</sup> within	0,01	0,05	0,06	0,05	0,05
F calculado	27,30	115,18	135,12	98,49	87,40
N	853				
T	23				

<sup>ns</sup> indica os coeficientes não significativos 5% de probabilidade de erro. Valores entre parênteses correspondem ao erro-padrão.

### ***Impacto diferencial das políticas públicas***

Para os municípios com baixa exposição prévia à degradação (EPD<sub>25%</sub>), os efeitos diferenciais das políticas públicas foram, em geral, negativos para a maioria dos indicadores econômicos (Tabela 2). Isso indica que, em contextos menos degradados, os instrumentos avaliados não geram ganhos econômicos. À medida que se avança para níveis intermediários de degradação (EPD<sub>50%</sub>), observa-se uma reversão desse padrão, obtendo-se efeitos positivos para a maioria dos indicadores.

**Tabela 2.** Efeitos diferenciais do plano ABC e Código Florestal percentis 25, 50, e 75% de exposição prévia a degradação (EPD<sub>25%</sub>, EPD<sub>50%</sub>, e EPD<sub>75%</sub>).

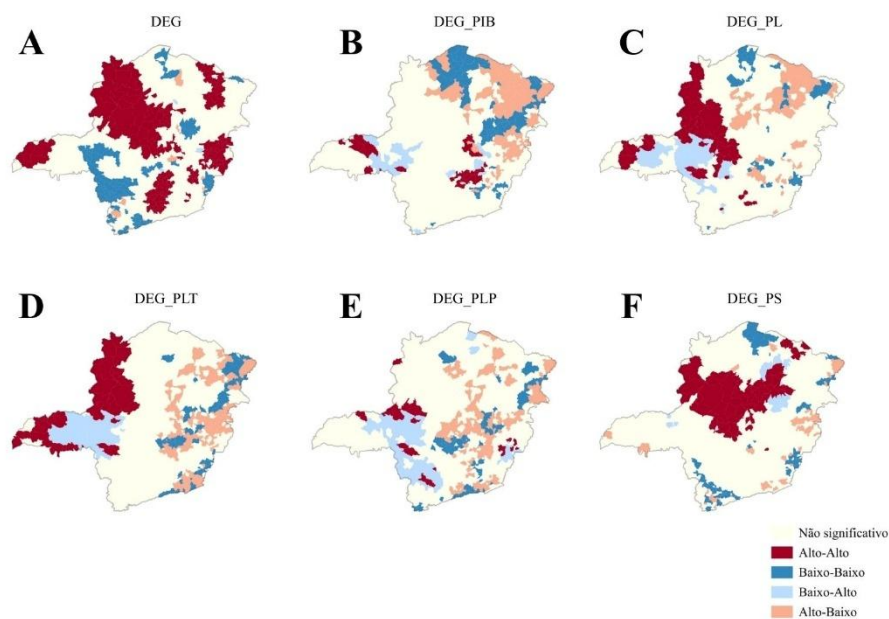
Modelo	Variáveis	Efeitos diferenciais		
		EPD <sub>25%</sub> (-10,45)	EPD <sub>50%</sub> (4,64)	EPD <sub>75%</sub> (13,86)
PIB	ABCxEPD <sup>ns</sup>	-	-	-
	CFxEPD	-1099,44	488,70	1458,19
PL	ABCxEPD	-256,10	113,84	339,67
	CFxEPD	-716,67	318,56	950,52
PLT	ABCxEPD	-716,89	318,66	950,82
	CFxEPD	-4427,09	1967,85	5871,65
PLP	ABCxEPD	327,19	-145,43	-433,96
	CFxEPD	1774,91	-788,95	-2354,07
PS	ABCxEPD <sup>ns</sup>	-	-	-
	CFxEPD	-981,09	436,10	1301,22

Notas: o símbolo <sup>ns</sup> indica os coeficientes não significativos ao nível de significância de 5%. Os valores em parênteses indicam os percentis de EPD.

Para a maioria dos indicadores econômicos analisados (PIB, PL, PLT e PS) o efeito diferencial foi positivo e de alta magnitude nos municípios com alta exposição prévia a degradação (EPD<sub>75%</sub>). No entanto, o setor de lavouras permanentes (PLP) foi uma exceção. Nos municípios com alta exposição prévia, tanto ABCxEPD quanto CFxEPD tiveram alta magnitude, porém com um sinal negativo. Houve um crescimento expressivo na magnitude dos coeficientes à medida que se avança do EPD<sub>50%</sub> para o EPD<sub>75%</sub> na maioria dos casos. Por exemplo, o impacto do CFxEPD para o PLT salta de aproximadamente 1,97 milhões de reais para 5,87, indicando que a intensidade do efeito triplica para os municípios acima da média de degradação. Esse padrão também se repete para o PIB, PL e PS. O PLP segue a mesma lógica: embora o resultado seja negativo, o valor do coeficiente no EPD<sub>75%</sub> é o triplo do observado no EPD<sub>50%</sub> em termos absolutos.

### *Agrupamento*

O índice I de Moran univariado para a degradação indicou diferentes agrupamentos entre municípios (Figura 2A). A maioria não apresentou significância estatística. Os agrupamentos mais marcantes foram entre os municípios que tiveram alta degradação da pastagem (AA), ocorrendo em pequenos grupos distribuídos em todo o estado, mais destacadamente na região norte. As regiões de áreas não degradadas (BB) foram menos aglomeradas e mais dispersas, tendo destaque para a região oeste do estado. Os demais agrupamentos (AB e BA) foram mínimos e muito dispersos.



**Figura 2.** A) Agrupamentos resultantes do I de Moran univariado para degradação (DEG). Agrupamentos resultantes do I de Moran Local bivariado para a interação entre a degradação e B) produto interno bruto per capita (DEG\_PIB); C) produção de leite (DEG\_PL); D) produção de lavouras temporárias (DEG\_PLT); E) produção de lavouras permanentes (DEG\_PLP); e F) produção de silvicultura (DEG\_PS).

O índice I de Moran bivariado revelou agrupamentos em todas as classes para todas as interações entre a degradação e as variáveis econômicas (Figura 2B-3F). De maneira geral, os agrupamentos AB estão concentrados na parte central e leste do estado, regiões notoriamente conhecidas pelo longo histórico de pecuária extensiva. Estes agrupamentos representam a maior proporção de municípios na maioria das interações, com exceção do PS, onde a maior proporção dos municípios se encontra na categoria BB. A maior proporção se deu com o PLT, onde 15% do total de municípios do estado teve essa classificação. Os agrupamentos BA seguem um

padrão de concentração na parte oeste do estado (conhecida como Triângulo Mineiro) para as interações com o PIB, PL, PLT e PLP, sendo o menos representativo na maioria dos casos, principalmente para o PIB e PS, com 3% e 2% dos municípios, respectivamente. A exceção foram os agrupamentos BA relacionados ao PS, que ficaram concentrados na região centro-leste do estado. Os agrupamentos AA se destacam nos mapas para o PL, PLT e PS, se concentrando na região oeste do estado para PL e PLT e se estendendo do oeste para centro-norte para o PS. Nesse caso, a interação entre degradação e silvicultura (PS) apresentou a maior proporção relativa de municípios na classe AA, com cerca de 7% do total estadual, superando as demais variáveis analisadas. A concentração de agrupamentos AA para PLP e PIB foram menores e mais dispersos que as demais categorias. Estes agrupamentos se encontram tanto ao oeste quando ao leste para o PIB, enquanto para PLP a maioria se concentra ao oeste.

## **Discussão**

Este trabalho traz fortes evidências de que há relação predominantemente negativa entre a ocorrência de pastagens degradadas e a melhoria da economia dos municípios. Isso comprova que a degradação de pastagens não é um problema apenas ambiental, mas também gera prejuízos econômicos diretos à nível local. Estes resultados se alinham com outros estudos que associam áreas degradadas à baixa produtividade agrícola, à pobreza e a baixos níveis de renda no campo (Feltran-Barbieri; Féres, 2021; Pereira *et al.*, 2018). Entretanto, nossa abordagem se diferencia dos demais trabalhos por permitir quantificar essa relação para medir o impacto em diferentes indicadores econômicos.

Em 2022, os custos para recuperar um hectare de pastagem no Brasil em média variavam de R\$979 a R\$2.100 a depender do nível de degradação e da região do país (Carlos *et al.*, 2022). Por outro lado, nossos modelos indicaram que a recuperação das pastagens pode gerar ganhos anuais médios na ordem de centenas de milhares de reais para a pecuária leiteira (PL), lavouras temporárias (PLT) e permanentes (PLP), além de elevar a renda média da população (PIB). A associação positiva entre degradação e silvicultura pode ser explicada pela dinâmica já observada no estado em que municípios com maior presença de pastagens degradadas também concentram áreas de silvicultura (e.g., Campos *et al.*, 2026). Em algumas regiões do estado, como ao norte, foi constatado que a expansão da silvicultura em determinadas épocas, principalmente a monocultura de eucalipto, ocorreu principalmente em áreas de pastagem degradada (Roque; Neto; de Faria, 2022).

A relação positiva entre a densidade populacional (POP) e alguns indicadores econômicos como o PIB *per capita* também tem sido relatada em outros estudos (Eden; Kuruc, 2024). Entretanto, o trabalho demonstrou que essa relação também ocorre para a economia do agronegócio (PL, PLT, PLP e PS), porém em sentido oposto. A relação positiva entre a quantidade de gado (CG) e a produção leiteira (PL) era esperada, visto que o leite é um produto direto da pecuária. Porém, a associação negativa entre CG e o PIB *per capita* e a produção de lavouras temporárias (PLT) pode estar ligada à baixa produtividade pecuária no estado e a própria degradação da pastagem. A maior parte de produção de gado no Brasil é extensiva e de baixa produtividade em decorrência da degradação das pastagens (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Os nossos resultados sugerem que a expansão deste modelo de produção ocorre em detrimento de atividades econômicas mais rentáveis, como a própria pecuária intensiva ou cultivo de lavouras temporárias como soja ou milho.

Não houve evidência de que a taxa de urbanização se relaciona com as variáveis econômicas dos municípios. Esse resultado se alinha a outros trabalhos que indicam que a urbanização possui efeitos limitados no crescimento econômico de curto e médio prazo (Chen *et al.*, 2014). O orçamento municipal destinado à agropecuária (ORC) demonstrou desestimular a produção em lavouras temporárias ou silvicultura. A associação negativa entre o ORC e o desempenho das lavouras permanentes (PL) e silvicultura (PS) sugere um desestímulo à alocação de recursos públicos nessas atividades. Isso pode estar associado ao maior risco de investimento em culturas perenes (Knápek *et al.*, 2024), priorizando-se outros segmentos do agronegócio. Assim, a destinação de verba pública à nível municipal para agropecuária parece falhar tanto na promoção de culturas de longo ciclo quanto na geração de impacto econômicos nos demais setores.

A associação negativa entre a cobertura vegetal (CV) e os indicadores econômicos pode sugerir que a supressão da vegetação natural geraria impactos positivos na economia. Entretanto, estudos mostram que os ganhos de produção da pecuária brasileira podem ser atingidos com a melhoria das técnicas de produção, dispensando a necessidade de aumento de áreas de pastagem (Feltran-Barbieri; Féres, 2021). Além disso, a substituição da cobertura vegetal natural por áreas agrícolas de baixa produtividade pode comprometer fortemente os serviços ecossistêmicos e o próprio agronegócio a longo prazo (Maia; Miyamoto; Garcia, 2018). Neste caso, em vez de este resultado demonstrar um incentivo ao desmatamento, ele reflete a pressão exercida pelo setor produtivo sobre a vegetação natural.

De maneira geral a associação entre as políticas públicas avaliadas (ABCxEPD e CFxEPD) e os indicadores econômicos foi positiva. O desempenho do Plano ABC foi

condizente ao apresentado em Campos *et al.* (2026), que também identificaram que municípios com maior presença de pastagens degradadas tendem a concentrar maiores volumes de crédito advindos deste programa. Algumas evidências sugerem que a aplicação do Código Florestal pode estar relacionada à intensificação dos sistemas agropecuários (Soterroni *et al.*, 2018), o que explicaria seus efeitos positivos sobre os indicadores econômicos. No entanto, essa interpretação deve ser adotada com cautela, visto que tais efeitos podem estar associados a contextos com menor disponibilidade florestal para expansão agrícola via desmatamento (Garrett *et al.*, 2018). Isso demonstra que estes instrumentos institucionais podem impulsionar o crescimento produtivo e o desempenho econômico dos municípios, principalmente em contextos em que existem maiores níveis de degradação das pastagens.

A exceção observada no modelo de lavouras permanentes (PLP) reforça um padrão já identificado em relação ao orçamento municipal destinado à agropecuária (ORC). Em municípios com maior degradação prévia, os efeitos associados ao Plano ABC e ao Código Florestal tornam-se progressivamente negativos, sugerindo que esses instrumentos, assim como o gasto público local, não são suficientes promover um crescimento nesse segmento produtivo à nível municipal. O maior impacto negativo observado em municípios mais degradados pode estar associado ao fato de que algumas culturas permanentes, como o café, se beneficiam da vegetação em seu entorno, apresentando maior produtividade em função dos serviços ecossistêmicos por ela providos (González-Chaves *et al.*, 2022). Neste contexto, o estabelecimento dessas culturas em áreas degradadas tende a ser menos atrativo do ponto de vista produtivo e econômico.

Os resultados da análise espacial indicam que a degradação das pastagens e os indicadores econômicos apresentam padrões de dependência espacial bem definidos em determinadas regiões do estado. As regiões leste e norte do estado, onde se encontra o Norte de Minas, Vale do Jequitinhonha e Mucuri e Vale do Rio Doce, são conhecidas pelo baixo desenvolvimento econômico e por ter uma agricultura familiar pouco integrada à economia (Silva; dos Santos, 2019). Já as regiões a oeste do estado, principalmente Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba, são conhecidas pelo seu alto desenvolvimento agropecuário, com forte uso de inovações nas etapas de preparação do solo, plantio, manejo cultural e colheita (Santos, 2019). Foram justamente estas regiões que apresentaram concordância com o que foi apresentado nos modelos PIB, PL, PLT e PLP, nos agrupamentos AB (alta degradação e baixo desenvolvimento econômico) e BA (baixa degradação e alto desenvolvimento econômico). A região AA do agrupamento DEG\_PS, em consonância com os resultados do modelo, corresponde a áreas do

Norte, Noroeste de Minas e Jequitinhonha, historicamente marcadas pela expansão da silvicultura e com maior presença de empresas florestais (Chauvet *et al.*, 2025).

Por fim, é importante destacar que os resultados obtidos neste estudo estão restritos ao contexto de Minas Gerais e ao período temporal analisado, refletindo as especificidades produtivas e socioambientais do estado. Embora a relação entre degradação de pastagens e desempenho econômico também seja observada em outras regiões do país, os coeficientes estimados e os padrões identificados não devem ser generalizados para outros contextos. Nesse sentido, a principal contribuição do trabalho reside na metodologia proposta, que se mostrou robusta e passível de replicação em diferentes escalas espaciais, como estados ou países. Trata-se, portanto, de uma abordagem generalizável, mas cujos resultados dependem fortemente da adequação das variáveis às estruturas produtivas locais.

## **Conclusão**

Este estudo apresentou uma abordagem nova para avaliar o impacto da degradação de pastagens na economia de municípios. Esta abordagem leva em consideração tanto a distribuição espacial das áreas degradadas quanto o seu histórico, permitindo definir regiões críticas para aplicação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável. A aplicação desta metodologia no estado de Minas Gerais levou a quatro conclusões. Primeiro, a degradação de pastagem está associada à redução do PIB per capita, produção leiteira e agricultura, mas não à silvicultura. Este fato está associado especialmente ao modelo de pecuária usado no estado, sendo cultivada majoritariamente de forma extensiva e com baixa produtividade. Segundo, as políticas públicas (plano ABC e o Código Florestal) se mostraram positivas para o agronegócio de forma geral bem como para desenvolvimento econômico dos municípios, especialmente aqueles com maior histórico de degradação. Terceiro, as regiões do estado com maior histórico de degradação de pastagens são também aquelas de menores indicadores econômicos e produtivos, enquanto regiões de baixa degradação de pastagem são aquelas onde há maior tecnificação dos setores agropecuários. Quarto, o crescimento econômico no estado parece estar desvinculado da conservação da vegetação nativa. Isso indica a necessidade de fortalecimento da fiscalização ambiental e da promoção de práticas sustentáveis, por meio de assistência técnica e incentivos que integrem a conservação ao desenvolvimento econômico municipal.

. Para pesquisas futuras, destaca-se a incorporação de modelos de painel espacial, que levam em consideração aspectos como localização, distância e região das variáveis (Anselin; Gallo; Jayet, 2008), ampliando a compreensão das dinâmicas territoriais associadas à

degradação e ao desenvolvimento econômico. Recomenda-se também a inclusão de indicadores relacionados às condições de vida no meio rural, como acesso a crédito, assistência técnica, infraestrutura, adesão a medidas conservacionistas de uso da terra e perfil socioeconômico dos produtores. Essa ampliação permitiria uma avaliação mais integrada da relação entre desenvolvimento econômico e degradação.

## Referências

- ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- ANSELIN, Luc; GALLO, Julie Le; JAYET, Hubert. Spatial Panel Econometrics. *Em: MÁTYÁS, László; SEVESTRE, Patrick (org.). The Econometrics of Panel Data. Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. v. 46p. 625–660. DOI: 10.1007/978-3-540-75892-1\_19. Disponível em: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-75892-1\\_19](http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-75892-1_19). Acesso em: 23 jan. 2026.
- BARBOSA, Leonardo; SOBRAL, Viviane; ALVES, Julio; CORDEIRO, Carlos L.; OLIVEIRA, Mariana; FERREIRA-FERREIRA, Jefferson. Exploring natural regeneration potential in degraded Amazonian lands under restoration scenarios. *Restoration Ecology*, [S. l.], v. 33, n. 8, p. e70151, 2025. DOI: 10.1111/rec.70151.
- BISCOLA, Paulo Henrique Nogueira; MALAFAIA, Guilherme Cunha. **Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina 2024-2025**: Documentos. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1174114>. Acesso em: 29 dez. 2025.
- BOLFE, Édson Luis; VICTORIA, Daniel De Castro; SANO, Edson Eyji; BAYMA, Gustavo; MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; DE OLIVEIRA, Aryeverton Fortes. Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. *Land*, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 200, 2024. DOI: 10.3390/land13020200.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – Código Florestal.** , 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 9 fev. 2026.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: MAPA/ACS, 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020–2030: Plano Operacional**. Brasília: MAPA/DEPROS, 2021.

- BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. **Econometrica**, [S. l.], v. 47, n. 5, p. 1287–1294, 1979. DOI: 10.2307/1911963.
- BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. **The Review of Economic Studies**, [S. l.], v. 47, n. 1, p. 239, 1980. DOI: 10.2307/2297111.
- CAMPOS, Marcelo Odorizzi De; CAMARGO, Regina Aparecida Leite De; BASSETTO, Camila Fernanda; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino; LA SCALA JR., Newton; SILVA, Rouverson. Impact of Rural Credit on Sustainable Transformation of Brazilian Agriculture: The Case of the Low Carbon Agriculture (Lca) Program in Minas Gerais, Brazil. **Environmental Development**, [S. l.], v. 57, p. 1–17, 2026. DOI: 10.2139/ssrn.5152418.
- CARLOS, Sabrina de Matos; ASSAD, Eduardo Delgado; ESTEVAM, Camila Genaro; LIMA, Cicero Zanetti De; PAVÃO, Eduardo de Moraes; PINTO, Talita Priscila. **Costs of recovering degraded pastures in the brazilian states and biomes**. São Paulo: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP, 2022. Disponível em: <https://agro.fgv.br/publicacao/ocbio-costs-recovering-degraded-pastures-brazilian-states-and-biomes>. Acesso em: 21 dez. 2025.
- CARRARA, Angelo Alves; BENITES, Flávio Rodrigo Gandolfi. Pecuária leiteira e comércio de queijos em Minas Gerais, séculos XVIII-XX. **História Agrária Revista de Agricultura e História Rural**, [S. l.], 2023. DOI: 10.26882/histagrar.089e07a. Disponível em: [https://www.historiaagraria.com/FILE/articulos/RHA89\\_alves\\_carrara\\_gandolfi\\_benites.pdf](https://www.historiaagraria.com/FILE/articulos/RHA89_alves_carrara_gandolfi_benites.pdf). Acesso em: 17 dez. 2025.
- CARVALHO, André Simplicio; MATOS, Ralfo. O ciclo madeireiro e a devastação da Mata Atlântica da Bacia do Rio Doce na primeira metade do século XX. **Revista Geografias**, [S. l.], p. 175–202, 2016. DOI: 10.35699/2237-549X..13473.
- CHAUVET, Xavier; FRANÇA, Luciano; MUCIDA, Danielle; CORDEIRO, Sidney; GORGENS, Eric. Quatro Décadas do Setor Florestal em Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 18, p. 1308–1333, 2025. DOI: 10.26848/rbgf.v18.2.p1599-1614.
- CHEN, Mingxing; ZHANG, Hua; LIU, Weidong; ZHANG, Wenzhong. The Global Pattern of Urbanization and Economic Growth: Evidence from the Last Three Decades. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e103799, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0103799.

- CHOW, Gregory C. Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. *Econometrica*, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 591, 1960. DOI: 10.2307/1910133.
- CROISSANT, Yves; MILLO, Giovanni. Panel Data Econometrics in R: The plm Package. *Journal of Statistical Software*, [S. l.], v. 27, n. 2, 2008. DOI: 10.18637/jss.v027.i02. Disponível em: <http://www.jstatsoft.org/v27/i02/>. Acesso em: 17 dez. 2025.
- DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. **Degradação de pastagens: conceitos, processos e estratégias de recuperação e de prevenção**. Belém, PA: Moacyr Dias-Filho, 2023.
- DRISCOLL, John C.; KRAAY, Aart C. Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data. *Review of Economics and Statistics*, [S. l.], v. 80, n. 4, p. 549–560, 1998. DOI: 10.1162/003465398557825.
- EDEN, Maya; KURUC, Kevin. **The Long-Run Relationship between Per Capita Incomes and Population Size**. Oxford: Global Priorities Institute, 2024.
- FELTRAN-BARBIERI, Rafael; FÉRES, José Gustavo. Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. *Royal Society Open Science*, [S. l.], v. 8, n. 7, p. 201854, 2021. DOI: 10.1098/rsos.201854.
- GALDINO, Sergio; SANO, Edson E.; ANDRADE, Ricardo G.; GREGO, Celia R.; NOGUEIRA, Sandra F.; BRAGANTINI, Claudio; FLOSI, Ana H. G. Large-scale modeling of soil erosion with RUSLE for conservationist planning of degraded cultivated brazilian pastures. *Land Degradation & Development*, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 773–784, 2016. DOI: 10.1002/ldr.2414.
- GARRETT, R. D.; KOH, I.; LAMBIN, E. F.; LE POLAIN DE WAROUX, Y.; KASTENS, J. H.; BROWN, J. C. Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use responses to development and conservation policies in Brazil. *Global Environmental Change*, [S. l.], v. 53, p. 233–243, 2018. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2018.09.011.
- GIANETTI, Giovanni William; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento De Souza. O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, [S. l.], v. 59, n. 1, p. e216524, 2021. DOI: 10.1590/1806-9479.2021.216524.
- GONZÁLEZ-CHAVES, Adrian; CARVALHEIRO, Luísa G.; GARIBALDI, Lucas A.; METZGER, Jean Paul. Positive forest cover effects on coffee yields are consistent across regions. *Journal of Applied Ecology*, [S. l.], v. 59, n. 1, p. 330–341, 2022. DOI: 10.1111/1365-2664.14057.

- GUARDA, Vitor Del' Alamo; GUARDA, Renato Del' Alamo. Brazilian Tropical Grassland Ecosystems: Distribution and Research Advances. **American Journal of Plant Sciences**, [S. l.], v. 05, n. 07, p. 924–932, 2014. DOI: 10.4236/ajps.2014.57105.
- GUIMARÃES, Carlos Magno; MORAIS, Camila Fernandes De. Mineração, degradação ambiental e arqueologia. Minas Gerais, Brasil século XVIII. **Memoria Americana. Cuadernos de Etnohistoria**, [S. l.], v. 26, n. 2, p. 82, 2018. DOI: 10.34096/mace.v26i2.6215.
- GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. Modelos de regressão com dados em painel. *Em: Econometria Básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora / McGraw-Hill, 2011. p. 587–610.
- HAUSMAN, J. A. Specification Tests in Econometrics. **Econometrica**, [S. l.], v. 46, n. 6, p. 1251, 1978. DOI: 10.2307/1913827.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção de bovinos abatidos no Brasil**. 2024a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos-abatidos/br>. Acesso em: 29 dez. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção de Leite no Brasil**. 2024b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>. Acesso em: 29 dez. 2025.
- KNÁPEK, J.; STARÝ, O.; VÁVROVÁ, K.; BEMŠ, J.; WEGER, J.; HORÁK, M. Modelling the impact of business risk on the competitiveness of purpose-grown biomass of annual and perennial crops. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 202, p. 114707, 2024. DOI: 10.1016/j.rser.2024.114707.
- LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Qualidade de Pastagem**. Goiânia: UFG, 2022.
- LABORATÓRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO (LAPIG). **Atlas das Pastagens: mapeamento da pastagem (2023)**. 2024. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- LIU, Yejin; YANG, Meirong; CUI, Jiahui. Urbanization, economic agglomeration and economic growth. **Heliyon**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e23772, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e23772.

- LUNA, Francisco Vidal; S. KLEIN, Herbert. A evolução da pecuária bovina no Brasil. **História Econômica & História de Empresas**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 561–598, 2023. DOI: 10.29182/hehe.v26i3.914.
- MAIA, Alexandre Gori; MIYAMOTO, Bruno César Brito; GARCIA, Junior Ruiz. Climate Change and Agriculture: Do Environmental Preservation and Ecosystem Services Matter? **Ecological Economics**, [S. l.], v. 152, p. 27–39, 2018. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.05.013.
- MORAIS JUNIOR, Vicente Toledo Machado et al. Monitoring of areas in conflict with the Legislation for the Protection of Native Vegetation in Brazil: opportunity for large-scale forest restoration and for the Brazilian global agenda. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S. l.], v. 196, n. 11, p. 1113, 2024. DOI: 10.1007/s10661-024-13295-6.
- MULLER, Marcelo Marques Lopes; GUIMARÃES, Maria de Fátima; DESJARDINS, Thierry; MARTINS, Paulo Fernando da Silva. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S. l.], v. 36, p. 1409–1418, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001001100012>.
- OLIVEIRA, Daniele Costa; MAIA, Stoécio Malta Ferreira; FREITAS, Rita De Cássia Alves; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino. Changes in soil carbon and soil carbon sequestration potential under different types of pasture management in Brazil. **Regional Environmental Change**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 11, 2022. DOI: 10.1007/s10113-022-01945-9.
- PARRAS, Rafael; DE MENDONÇA, Gislaine Costa; DA COSTA, Luis Miguel; ROCHA, Juan Ricardo; COSTA, Renata Cristina Araújo; VALERA, Carlos Alberto; FERNANDES, Luís Filipe Sanches; PACHECO, Fernando António Leal; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé. Land use footprints and policies in Brazil. **Land Use Policy**, [S. l.], v. 140, p. 107121, 2024. DOI: 10.1016/j.landusepol.2024.107121.
- PEQUENO, Petrus Luiz de Luna; VASCONCELOS, Luciano Pedrosa De; VIEIRA, Abadio Hermes; MARTINS, Eugênio Pacelli; LOCATELLI, Marília; OLIVEIRA, Vânia Beatriz Vasconcelos De. **Importância das matas ciliares**: Documentos. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/703807/importancia-das-matas-ciliares>. Acesso em: 18 dez. 2025.
- PEREIRA, Osvaldo José Ribeiro; FERREIRA, Laerte G.; PINTO, Flávia; BAUMGARTEN, Leandro. Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis

- of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 14, 2018. DOI: 10.3390/rs10111761.
- PESARAN, M. Hashem. **General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels**. Bonn: Institute for the Study of Labor (IZA), 2004. Disponível em: <https://ftp.iza.org/dp1240.pdf>.
- POSIT TEAM. **RStudio: Integrated Development Environment for R**. Boston, MA: Posit Software, PBC, 2025. Disponível em: <http://www.posit.co/>.
- PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 8.0: Mapa de Uso e Cobertura do Brasil (2022)**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- ROQUE, Mariane Paulina Batalha; NETO, José Ambrósio Ferreira; DE FARIA, André Luiz Lopes. Degraded grassland and the conflict of land use in protected areas of hotspot in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 1475–1492, 2022. DOI: 10.1007/s10668-021-01501-1.
- SANTOS, Claudinei Oliveira Dos; MESQUITA, Vinícius Vieira; PARENTE, Leandro Leal; PINTO, Alexandre De Siqueira; FERREIRA, Laerte Guimaraes. Assessing the Wall-to-Wall Spatial and Qualitative Dynamics of the Brazilian Pasturelands 2010–2018, Based on the Analysis of the Landsat Data Archive. **Remote Sensing**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 1024, 2022. DOI: 10.3390/rs14041024.
- SANTOS, Henrique Faria Dos. MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA E DINÂMICA DO AGRONEGÓCIO GLOBALIZADO NO TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA. **Geografia em Questão**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2019. DOI: 10.48075/geoq.v12i1.18330. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/18330>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- SILVA, Fernanda Faria; SANTOS, Rodrigo Malta dos. Desenvolvimento rural e PRONAF: um estudo para os municípios mineiros. **Revista Campo-Território**, [S. l.], v. 13, n. 30 Ago., 2019. DOI: 10.14393/RCT133007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/42891>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- SILVA, Marcelo Corrêa Da; BOAVENTURA, Vanda Maria; FIORAVANTI, Maria Clorinda Soares. HISTÓRIA DO POVOAMENTO BOVINO NO BRASIL CENTRAL. **Revista UFG**, [S. l.], v. 13, n. 13, p. 7, 2012.

- SOTERRONI, Aline C. et al. Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. **Environmental Research Letters**, [S. l.], v. 13, n. 7, p. 074021, 2018. DOI: 10.1088/1748-9326/aaccbb.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey. Métodos Avançados de Dados em Pannel. *Em: Introdução à econometria: Uma abordagem moderna*. São Paulo: Cengage Learning, 2007. v. 1p. 443–449.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. Testing for Serial Correlation and Heteroskedasticity after Pooled OLS. *Em: Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. 2. ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2010. a. p. 189–193.
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. Basic Linear Unobserved Effects Panel Data Models. *Em: Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, MA: MIT Press, 2010. b. p. 247–291.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo analisar, de forma integrada, a relação entre a degradação da terra e indicadores socioeconômicos. O estudo buscou contribuir para a compreensão das dinâmicas socioambientais associadas à degradação das pastagens e seus impactos sobre o desenvolvimento econômico.

A análise bibliométrica evidenciou que os estudos que relacionam degradação da terra e aspectos socioeconômicos ainda são escassos, concentrados em poucos países e caracterizados por redes de colaboração fragmentadas. Observou-se, ainda, a predominância de abordagens voltadas para indicadores produtivos, demográficos e de renda. Esses resultados indicam a existência de lacunas importantes na literatura, especialmente no que se refere à integração sistemática entre dimensões ambientais, sociais e econômicas.

A análise econométrica aplicada aos municípios mineiros permitiu avançar na compreensão dessas relações, demonstrando que a degradação das pastagens exerce impactos negativos significativos sobre o desempenho econômico local, particularmente sobre o PIB per capita e o agronegócio. A identificação de padrões espaciais de degradação associados a menores níveis de produtividade indica a existência de desigualdades territoriais persistentes, nas quais limitações econômicas contribuem para a reprodução de ciclos de baixa eficiência produtiva e degradação ambiental. Os resultados também evidenciaram o papel relevante das políticas públicas, como o Plano ABC e o Novo Código Florestal, na promoção da recuperação de áreas degradadas e na melhoria do desempenho econômico dos municípios mais vulneráveis.

A integração dos resultados dos dois capítulos confirma que a degradação da terra não pode ser compreendida exclusivamente como um fenômeno biofísico, mas como um processo condicionado por fatores econômicos e sociais. A pressão por produtividade, as dificuldades de acesso a crédito, a baixa assistência técnica e as desigualdades estruturais emergem como elementos importantes na dinâmica da degradação, ao mesmo tempo em que limitam a adoção de práticas sustentáveis.

Em síntese, esta dissertação evidencia que a recuperação de áreas degradadas deve ser compreendida não apenas como uma estratégia ambiental, mas como um instrumento fundamental de promoção do desenvolvimento econômico e da redução das desigualdades territoriais. A adoção de políticas integradas, aliada ao fortalecimento de técnicas sustentáveis de produção, constitui um caminho essencial para o crescimento econômico compatível com a conservação do meio ambiente.