









Santos, A. P., Tondato Arantes, L., de Paula, A. L., da Cunha e Silva, D. C. (2024). Avaliação da expansão agropecuária como forma de indicador de degradação ambiental na mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* (Artigos), 33, 7-26. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.839>

AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO AGROPECUÁRIA COMO FORMA DE INDICADOR DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA MESORREGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

^aArthur Pereira dos Santos  , ^bLeticia Tondato Arantes  , ^cAna Laura de Paula  ,
^dDarllan Collins da Cunha e Silva  

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Rua Quirino de Andrade, 215 -
Centro - São Paulo/SP - CEP 01049-010, Brasil

arthur.p.santos@unesp.br, leticia.tondato@unesp.br, al.paula@unesp.br, darllan.collins@unesp.br

RESUMO

No Brasil, há a necessidade de estudos que apresentem dados subsidiários ao poder público e aos órgãos fiscalizadores, de forma a se obter uma decisão menos onerosa e mais eficiente, principalmente na mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais. Portanto, este estudo objetiva elaborar um Índice de Expansão Agropecuária (IEA) para os 19 municípios que compõe esse local, com base em dados validados do Mapbiomas. Os resultados indicam que 12 municípios tiveram incremento da classe agropecuária frente aos demais usos. Em relação ao IEA, a quantidade de municípios classificados com o mais alto grau de IEA duplicou entre 1990 e 2020. Por fim, notou-se que o índice proposto pode ser utilizado para o monitoramento espaço-temporal do processo de expansão agropecuário na região, sendo útil para os tomadores de decisão e órgãos fiscalizadores.

Palavras-chave: análise espacial; área irrigada; uso e cobertura da terra; análise temporal.

EVALUATION OF AGRICULTURAL EXPANSION AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN THE NORTHWESTERN MESOREGION OF THE STATE OF MINAS GERAIS, BRAZIL

ABSTRACT

In Brazil, there is a need for studies that present subsidiary data to the public authorities and inspection agencies, in order to obtain a less costly and more efficient decision, especially in the Northwest mesoregion of the state of Minas Gerais. Therefore, this study aims to develop an Agricultural Expansion Index (AEI) for the 19 municipalities that make up this location, based on validated data from Mapbiomas. The results indicate that 12 municipalities had an increase in the agricultural class compared to the other uses. In relation to the AEI the number of municipalities classified with the highest degree of AEI doubled between 1990 and 2020. Finally, it was noted that

the proposed index can be used for spatial-temporal monitoring of the agricultural expansion process in the region, being useful for decision-makers and inspection agencies.

Keywords: spatial analysis; irrigated area; land use and land cover; temporal analysis.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o aumento da produção agropecuária tem sido impulsionado não apenas pelo crescimento populacional, mas também pelas demandas específicas de certos países e segmentos da população, refletindo desigualdades no acesso a essa produção (Hazell & Stanley 2008).

Essa expansão tem gerado consequências adversas significativas, incluindo a supressão acelerada da vegetação nativa, especialmente em regiões como o Brasil, que resulta não só na diminuição da biodiversidade, mas também em problemas como desmatamento, perda de habitats, erosão do solo, esgotamento dos recursos hídricos e conflitos por terra (Felema e Spolador 2023, Saath e Fachinello 2023). Além disso, o crescimento desenfreado da agricultura e pecuária tem contribuído para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, intensificando o problema das mudanças climáticas (Saath & Fachinello 2023).

Esses impactos negativos exacerbam os desafios ambientais e sociais globais, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas e a segurança alimentar. É crucial destacar essas nuances, especialmente no contexto brasileiro, onde a produção agropecuária é considerada tanto uma resposta às demandas globais quanto um reflexo das desigualdades na distribuição da produção para a população (Hazell & Stanley 2008; Felema & Spolador 2023).

O Valor Bruto da Produção (VBP) agropecuária atual do Brasil é de cerca de R\$ 1,2 trilhão, representando uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Mais de 80 % desse faturamento está concentrado nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país, que juntas compreendem aproximadamente 60 % do território brasileiro, abrangendo três das cinco regiões existentes.

Destaca-se o crescimento do estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste, que, conforme os levantamentos anuais realizados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) registrou um aumento de mais de 20 % no seu VBP na última década, com um crescimento anual médio de mais de 2 %, evidenciando não apenas a importância econômica da agropecuária brasileira, mas também a contribuição específica de Minas Gerais para esse setor em constante crescimento (MAPA2023).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2022, o faturamento do agronegócio em Minas Gerais alcançou um recorde de US\$ 15,3 bilhões, contribuindo com 38,2 % das exportações do estado (SEAPA 2023). Além disso, em termos de mercado de trabalho, o contingente ocupado no segmento agropecuário é de aproximadamente 1,5 milhões de pessoas, fazendo dessa Unidade Federativa a segunda maior em ocupação na agricultura familiar (IBGE 2022), tornando evidente a significativa importância que o setor agropecuário possui para esse estado.

Esse cenário é resultado, principalmente, das políticas implementadas pelo governo estadual, que apoia e incentiva programas destinados a impulsionar o crescimento do seu setor agropecuário. Dentre esses, destacam-se: a) Programa Estadual de Regularização Fundiária; b) Garantia-Safra; c) Irriga Minas; d) Queijo artesanal; e) Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER); e f) a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

Esses esforços visam fortalecer a produção agrícola familiar, que desempenha um papel crucial na segurança alimentar e na economia nacional. Segundo dados da Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA), estima-se que aproximadamente 70 % do feijão, 35 % do arroz, 85 % da mandioca e 60 % da produção de leite consumidos no Brasil é fruto do trabalho dos agricultores familiares em todo o território nacional (SEAPA 2022).

Considerado como o 4º maior produtor agropecuário nacional, o café lidera o ranking da produção agrícola desse estado, e, a soja, o segundo, seguido de perto pela pecuária leiteira. Analisados conjuntamente, os três principais produtos agropecuários representam aproximadamente 50 % do que é gerado nesse setor para Minas Gerais (MAPA 2022).

Ainda assim, o governo atual, por meio do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), lançou, para o período 2023/2024, o Plano Safra e o Funcafé, que terão R\$ 618 milhões em crédito para financiar o agronegócio no estado (SEAPA 2023). Dessa forma, acredita-se que os próximos anos sejam marcados pelo crescimento agropecuário dessa Unidade Federativa.

Nesse contexto, os agropecuaristas enfrentam diferentes opções estratégicas: a) a supressão da vegetação nativa para expandir as atividades antrópicas, incluindo o avanço sobre terras de camponeses, o que pode gerar conflitos (Costa 2019); ou b) a adoção de inovações tecnológicas, como as técnicas de Agricultura de Precisão (AP), visando aumentar a produtividade em áreas já utilizadas, sem a necessidade de expansão territorial.

Vale ressaltar que essas estratégias delineiam uma dicotomia entre "ganhar terra" e "incrementar a produção em terras já utilizadas", destacando a importância de considerar os impactos sociais e ambientais de cada abordagem.

Diante desse cenário, convém destacar que a agropecuária aumentou expressivamente suas áreas no cerrado durante 35 anos de estudo de imagens de satélite, ocupando 45 % desse bioma, que é caracterizado por sua vegetação predominante de savana, com árvores esparsas e vegetação rasteira, localizado principalmente na região central do país (Santos *et al.* 2004). Esse incremento foi conduzido principalmente pelas áreas de pastagem e agricultura (MAPBIOMAS 2022).

Atualmente, o IBGE divide o território de Minas Gerais em 12 mesorregiões geográficas, sendo-as: Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Noroeste de Minas, Jequitinhonha, Vale do Rio Doce, Metropolitana de Belo Horizonte, Campo das Vertentes, Vale do Mucuri, Norte de Minas, Oeste de Minas, Zona da Mata, Central Mineira, Sul e Sudoeste de Minas (IBGE 2023). Ao se analisar a produção agropecuária por essa classificação, existe uma tendência de concentração na porção oeste de Minas Gerais, abrangendo as regiões do Noroeste, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Silva *et al.* 2012).

Essas áreas, caracterizadas por reduzida densidade demográfica e vasta extensão territorial, utilizam modernas tecnologias na produção agrícola, potencializadas pelas características locais e mecanização agrícola. No entanto, estudos indicam que, apesar dos avanços agrícolas provenientes do bioma cerrado, o Noroeste do estado de Minas Gerais se destaca pela análise de degradação ambiental (Silva *et al.*, 2012; Cunha *et al.* 2008).

Nesse contexto, é relevante destacar que o simples fato de uma região apresentar áreas dedicadas à agricultura e pecuária, com essas atividades como principais ramos, não garante necessariamente uma agropecuária robusta e próspera, pois isso se deve a uma série de fatores, como produtividade, eficiência, infraestrutura e políticas de desenvolvimento rural.

No entanto, há uma vantagem em relação ao prejuízo causado a outros setores e estados, que pode se manifestar, por exemplo, na capacidade de geração de empregos, na contribuição para a segurança alimentar e na estabilidade econômica da região, em comparação com áreas que dependem mais fortemente de setores vulneráveis a oscilações econômicas.

Contudo, é recorrente a busca para que se tenha uma atividade que ocasione, além dos impactos socioeconômicos positivos, a mitigação desses para com o meio ambiente, alcançando, dessa forma, os princípios e objetivos propostos pelo desenvolvimento sustentável.

Atualmente, frente aos incentivos governamentais concedidos pelos governos estaduais, federais e municipais para o setor agropecuário do estado de Minas Gerais, há uma relativa ausência de questionamentos acerca dos impactos ambientais negativos decorrentes desse progresso.

Simultaneamente, diante da crescente preocupação dos pesquisadores em relação ao bioma cerrado como um todo, observa-se uma lacuna significativa de estudos específicos sobre as escalas

municipais e das Mesorregiões. Esse cenário motiva o presente estudo, uma vez que até o momento há escassez de informações sobre a evolução das classes agropecuárias na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

Além do mais, o desenvolvimento tecnológico, atrelado à disponibilização de imagens de satélite gratuitas, têm promovido melhoria significativa na precisão e consistência do mapeamento de uso e cobertura da terra, sendo esse, impulsionado por meio do processamento de imagens de satélite de média e alta resolução espacial, sendo utilizado a níveis de gestão territorial em diferentes escalas, como países, biomas, estados, municípios e bacias hidrográficas (Santos *et al.* 2024; Mota Junior *et al.* 2023; Santos *et al.* 2023, Silva *et al.* 2022, Souza *et al.* 2022, Fernandes *et al.* 2022, Floreano *et al.* 2021, Veiga & Silva 2018), mas minimamente analisados na escala de Mesorregião.

Nessa perspectiva, o uso de imagens de satélite para a elaboração de indicadores e índices são ferramentas essenciais na análise de diferentes fenômenos, incluindo a intensidade da atividade agropecuária e a degradação ambiental. No contexto da agropecuária, essas métricas podem ser utilizadas para avaliar o impacto das práticas agrícolas no meio ambiente e na sustentabilidade das atividades rurais.

Por exemplo, por meio de um índice, pode-se quantificar a extensão das áreas dedicadas à agricultura e pecuária em relação ao território total de uma região, fornecendo subsídio sobre o uso da terra e suas consequências ambientais.

Todavia, embora haja uma variedade de índices e indicadores utilizados em estudos agropecuários e ambientais, encontrou-se uma lacuna específica de trabalhos sobre a expansão agropecuária na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais, o que ressalta a relevância e a originalidade desta pesquisa.

Portanto, o objetivo deste estudo é desenvolver um Índice de Expansão Agropecuária (IEA) para a Mesorregião Noroeste de Minas Gerais ao longo de um período de 30 anos, de forma a analisar a extensão da atividade agropecuária em comparação com outros usos da terra, buscando investigar as possíveis causas de degradação ambiental associadas ao IEA, com foco na indisponibilidade hídrica resultante do uso da irrigação.

Ressalta-se que não há trabalhos prévios sobre esse índice na região, tornando-o inovador, e o período de 30 anos (1990 a 2020) foi escolhido devido ao avanço da classe agropecuária no local, o que facilita sua validação e aplicação futura. O IEA pode também contribuir para compreender a relação entre intensidade agropecuária e impactos ambientais, como degradação do solo, uso dos recursos hídricos e o desmatamento.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na Mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais (Figura 1), sendo composta pelos seguintes municípios: 1) Arinos; 2) Bonfinópolis de Minas; 3) Brasilândia de Minas; 4) Buritis; 5) Cabeceira Grande; 6) Dom Bosco; 7) Formoso; 8) Guarda-Mor; 9) João Pinheiro; 10) Lagamar; 11) Lagoa Grande; 12) Natalândia; 13) Paracatu; 14) Presidente Olegário; 15) São Gonçalo do Abaeté; 16) Unaí; 17) Uruana de Minas; 18) Varjão de Minas e; 19) Vazante.

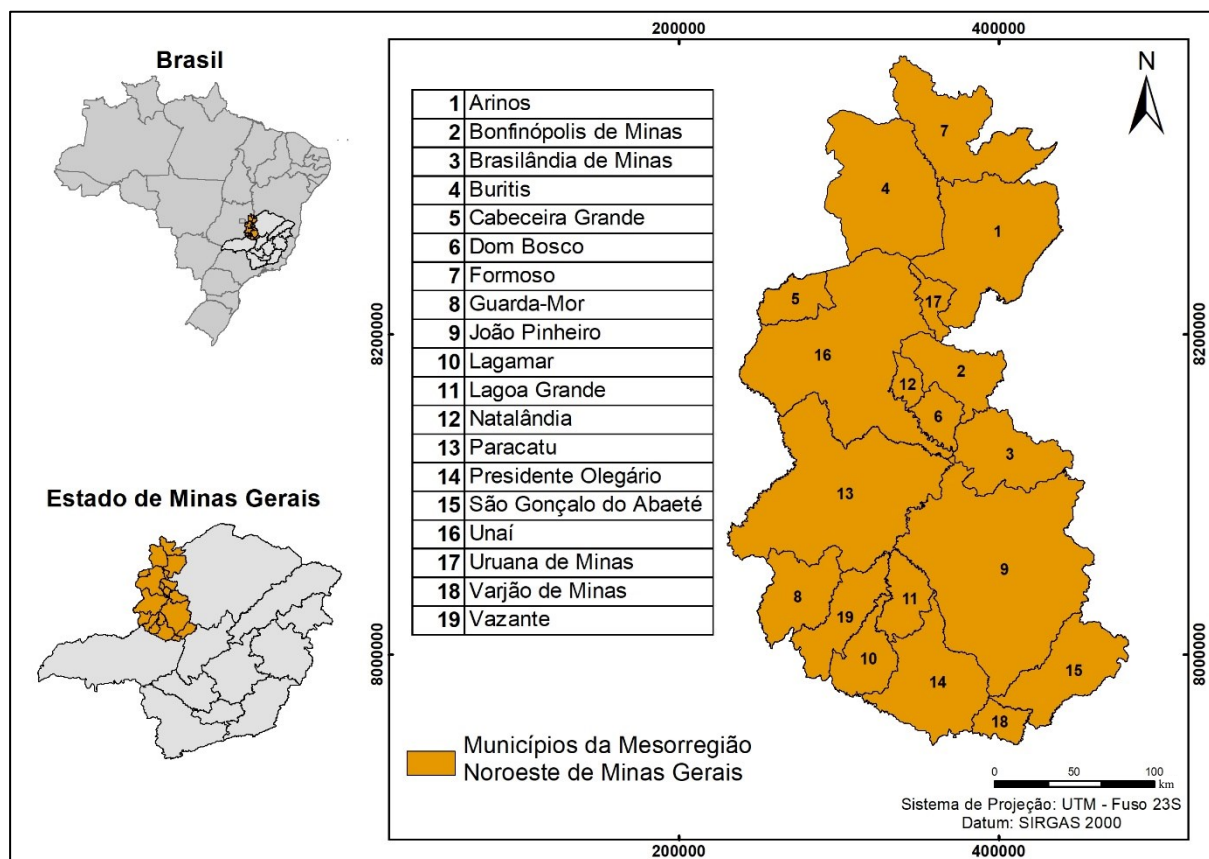


Figura 1. Localização da mesorregião noroeste de Minas Gerais

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

A área de estudo está situada predominantemente no bioma cerrado, caracterizado por uma vegetação de savana com árvores esparsas e vegetação rasteira. A cobertura da terra varia entre áreas de vegetação natural, pastagens, áreas agrícolas e fragmentos de mata atlântica (Oliveira *et al.* 2009, Vieira *et al.* 2015).

Os maiores problemas ambientais enfrentados na região incluem o desmatamento, a conversão de áreas naturais para agricultura e pastagem, a degradação do solo devido ao manejo inadequado, o esgotamento dos recursos hídricos pelo uso da irrigação, além da perda de biodiversidade devido à fragmentação do habitat e à expansão urbana desordenada, sendo esses fatores, cruciais para compreender a dinâmica entre a intensidade agrícola e a degradação ambiental na área de estudo (Oliveira *et al.* 2009, Vieira *et al.* 2015).

Essa região é destacada pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) como uma área que apresenta economia fortemente agrícola, havendo destaque para os municípios de Unai, Paracatu e João Pinheiro, que alavancam a produção de milho e soja na região (FIEMG 2017).

As fazendas na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais são destaques na produção de grãos, como milho, soja e feijão. Em geral, são ocupadas por áreas irrigadas por um pivô central, sendo uma região altamente tecnológica e com destaque nacional no que se refere ao uso de culturas irrigadas. Além disso, há a presença de pastos para criação de bovinos de corte e leiteiro, sendo que o setor agropecuário prevalece como base da economia regional (Oliveira Filho & Neto 2022).

A região é caracterizada por apresentar entre 4 e 5 meses secos, com o período de maiores temperaturas e totais pluviométricos entre a primavera e o verão, em oposição ao período de estiagem no outono-inverno. O período úmido está entre os meses de outubro a maio, enquanto o seco está entre os meses de junho a setembro. Em relação a sua hidrografia, a principal bacia hidrográfica do Noroeste desse estado é a do São Francisco (INMET 2023, Jardim & Silva 2017).

A Mesorregião Noroeste de Minas Gerais depende significativamente dos recursos hídricos, especialmente dos rios que cortam a região, como o Rio Paracatu e seus afluentes, que desempenham um papel crucial no fornecimento de água para a agricultura, pecuária e outras atividades econômicas locais. Ademais, a disponibilidade de água desses rios é essencial para a prática da irrigação, que é amplamente adotada na região para garantir o cultivo de safras ao longo do ano, especialmente durante os meses secos (Santos *et al.* 2023).

A irrigação é uma prática fundamental nessa área, permitindo que os agricultores controlem o fornecimento de água para suas plantações e garantam uma produção agrícola estável e produtiva. Com sistemas de irrigação modernos, como os pivôs centrais, os produtores conseguem maximizar o uso da água disponível, otimizando assim o crescimento das culturas e aumentando a produtividade agrícola na região (Fernandes *et al.* 2011).

No entanto, o uso extensivo da irrigação também levanta questões ambientais, como o manejo sustentável dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas aquáticos locais, destacando a importância de um equilíbrio entre o desenvolvimento agrícola e a conservação ambiental (Santos *et al.* 2023).

A Mesorregião é conectada pelas rodovias BR-354, BR-251, BR-040 e MG-188. Além disso, a Ferrovia Centro-Atlântica (FCA) desempenha um papel crucial como principal meio de transporte de grãos e fertilizantes na região, servindo como elo entre esses municípios e os importantes portos de Vitória, localizado no estado do Espírito Santo (ES), e do Açu, situado no estado do Rio de Janeiro (RJ).

Os municípios da área de estudo se destacam por suas vastas extensões territoriais, especialmente João Pinheiro, o maior em área, mas com população relativamente pequena em comparação com os demais 75 municípios (IBGE 2023). A ocupação inicial remonta ao período da descoberta do ouro, principalmente durante os séculos XVII e XVIII, com Paracatu assumindo relevância nesse período (Santos *et al.* 2022).

Após o declínio da mineração, que ocorreu ao longo do século XIX, e o término desse ciclo no Brasil, a região experimentou um período de relativo isolamento até a construção de Brasília, no Distrito Federal (DF), entre os anos de 1956 e 1960. Esse intervalo de isolamento, combinado com a presença de terras férteis e recursos hídricos, favoreceu o surgimento de grandes propriedades rurais, impulsionando a produção agrícola e pecuária.

É importante destacar que muitos municípios foram criados a partir do desmembramento de Paracatu, cidade que desempenhou um papel significativo na história regional (Santos *et al.* 2021), especialmente durante o processo de interiorização nacional, marcado pela pecuária intensiva e pela exploração mineral (Santos *et al.* 2022).

Recentemente, o governo do estado, em parceria com Paracatu, polo microrregional, juntamente com Unaí, inaugurou a ponte sobre o Rio Paracatu, que possui a missão de dar mais vazão ao escoamento da produção agrícola na região marcada por áreas extensas de plantação de milho, soja, feijão e cana-de-açúcar.

Além da construção da ponte, está sendo realizada a pavimentação de 68 km da LMG-680, popularmente conhecida como Estrada de Entre Ribeiros, região que possui uma área irrigada de aproximadamente 73 mil alqueires de terra, acarretando melhorias no escoamento dos produtos e deslocamentos no local.

2.2. Análise multitemporal das classes de uso e cobertura da terra

Nesta etapa, optou-se por utilizar os dados já validados do projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, do MapBiomias, que reúne uma rede colaborativa em áreas multidisciplinares, com destaque para as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e *Machine Learning* (ML), haja vista que esse projeto utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados, de forma a gerar uma série histórica de mapas anuais de uso e ocupação no país (MAPBIOMAS 2022).

Essa classificação é realizada por meio de imagens do satélite LANDSAT, com resolução espacial de 30 metros, e a descrição metodológica está publicada no Documento Base Teórico do Algoritmo (ATBD) e seus apêndices (Souza *et al.* 2020, MAPBIOMAS 2019).

Para análise de acurácia dos mapas gerados pelo projeto, foram gerados 85.000 pontos aleatórios, distribuídos por todo o território brasileiro, sendo esses, analisados por uma equipe independente e inspecionado por 3 intérpretes diferentes, até se gerar uma acurácia de uso excelente (MAPBIOMAS 2019).

É importante mencionar que os produtos da plataforma do MapBiomias estão sendo utilizados em diversas pesquisas, sendo essas, aplicadas em temas como o planejamento ambiental e territorial, conservação e restauração de ecossistemas, biodiversidade, agricultura e mudanças climáticas e estimativas de emissões de gases de efeito estufa pelo uso da terra, conforme estudos correlatos Santos & Simionatto (2023), Crouzeilles *et al.* (2019), Vidal *et al.* (2019) e Cohn *et al.* (2019). Além disso, órgãos públicos e fiscalizadores estão utilizando esses dados para gerir as políticas públicas, o manejo sustentável e a conservação dos recursos naturais do país.

Inicialmente, realizou-se o download dos *rasters* de uso e ocupação para os anos selecionados: 1990, 2005 e 2020. O intervalo de 15 anos entre cada série temporal (1990-2005 e 2005-2020) foi escolhido para que fosse possível analisar a variação, de forma espacial e espectral, das classes de uso e ocupação. Optou-se por iniciar a análise a partir do ano 1990 pelo fato de que a respectiva década foi marcada pelo avanço agropecuário no país, conforme destacado por Campos & Paula (2002).

Para obtenção da máscara da área de estudo, realizou-se o download da Mesorregião por meio do sítio eletrônico do IBGE. Esses dados estão disponibilizados em escala 1:250.000 (IBGE 2022). Posteriormente, essa camada foi utilizada como recorte da área de interesse. Nessa etapa, utilizou-se o software *Qgis* em sua versão 3.2.12. Neste estudo, considerou-se o Nível 7 de classificação do MapBiomias.

A fim de se atingir o objetivo proposto, todas as classes existentes na região foram consideradas e, em seguida, foram reagrupadas em dois grupos, sendo a primeira referente a classe que compreende os usos caracterizados como atividades agropecuárias e, a segunda, representada pelos demais usos presentes no município (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de uso e cobertura da terra da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

Classes de uso e cobertura da terra			
Agropecuária		Demais usos	
Agropecuária	Silvicultura	Floresta	Formação Florestal
	Pastagem		Formação Savânica
	Cana de açúcar	Formação Natural Não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa
	Mosaico de Usos		Formação Campestre
	Café		Afloramento Rochoso
	Algodão	Recursos Hídricos	Rio, Lago e Oceano
	Cítrus	Área Não Vegetada	Área urbanizada
	Soja		Outras Áreas Não Vegetadas
	Outras Lavouras Perenes		Atividade de mineração
	Outras Lavouras Temporárias		

Fonte: adaptado MapBiomias (2023).

2.3. Elaboração do Índice de Expansão Agropecuária (IEA)

O IEA foi elaborado por meio da área anual das classes destinadas a agropecuária para o respectivo ano em relação à área destinada aos demais classes de uso, conforme apresentado pela Equação 1. Após a determinação do IEA, reclassificou-se os municípios com base em seu grau de intensidade agropecuária (Tabela 2), sendo que, quanto maior o valor do IEA, mais acentuado é a atividade agropecuária no local.

Ressalta-se que a amplitude das classes do IEA aqui utilizadas possibilitam entender a dinâmica e refletir os nuances das atividades agropecuárias na região estudada, desempenhando um papel fundamental na interpretação dos dados. Logo, fornecendo uma visão abrangente da intensidade agropecuária, bem como informações importantes para análises e tomada de decisão relacionadas a expansão agropecuária na área em questão.

$$IEA = \frac{ATA}{ATM} * 100 \quad (1)$$

Sendo:

IEA: Índice de Expansão Agropecuária;

ATA: Área destinada às atividades agropecuárias (km²);

ATM: Área destinada aos demais usos da terra (km²).

Tabela 2. Classificação do IEA e Indicador de Degradação Ambiental.

Classes (%)	Grau de Expansão Agropecuária	Indicador de Degradação ambiental
0 – 40	Baixa Expansão Agropecuária	Baixo
40.1 – 60	Moderada Expansão Agropecuária	Moderado
> 60.1	Alta Expansão Agropecuária	Alto

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Os menores valores de IEA, relacionados à Baixa Expansão Agropecuária, sugerem uma menor proporção de áreas agrícolas em relação a outros usos, indicando possível priorização de outras atividades. A Moderada Expansão Agropecuária, por sua vez, aponta para um equilíbrio relativo entre uso antrópico e recursos naturais, embora ainda demande monitoramento. Já a Alta Expansão Agropecuária revela uma concentração significativa da atividade agrícola, possivelmente associada à degradação ambiental.

Por fim, calculou-se o IEA médio da área de estudo com o objetivo de obter uma medida representativa da expansão das atividades agropecuárias ao longo do período analisado. Para isso, utilizou-se a média aritmética dos valores individuais do IEA para os anos de 1990, 2005 e 2020, conforme apresentado pela Equação 2.

$$IEA_{\text{médio}} = \frac{IEA_{1990} + IEA_{2005} + IEA_{2020}}{3} \quad (2)$$

Sendo:

IEA_{médio}: Índice de Expansão Agropecuária Médio;

IEA₁₉₉₀, IEA₂₀₀₅ e IEA₂₀₂₀: Representam os valores individuais do IEA para os anos de 1990, 2005 e 2020, respectivamente.

A metodologia aqui proposta objetiva fornecer uma visão abrangente da expansão agropecuária na região, combinando análises quantitativas com uma compreensão qualitativa das práticas agrícolas adotadas. O índice proposto representa não apenas a proporção de áreas destinadas à agropecuária, mas também os diferentes graus de intensidade agropecuária e suas possíveis correlações com a degradação ambiental.

Além disso, permite identificar áreas que demandam intervenção imediata, seja por meio de políticas públicas ou fiscalização ambiental, bem como áreas que necessitam de monitoramento contínuo. Ao apresentar resultados multitemporais e mapas representativos da variação do IEA ao longo de um período de 30 anos, esse trabalho fornece uma base sólida para subsidiar tomadas de decisão e ações de manejo ambiental na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

3. Resultados e discussões

A Figura 2 demonstra a variação multitemporal das classes de uso e cobertura da terra da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais, enquanto a Tabela 3 aponta a representatividade da classe agropecuária frente aos demais usos.

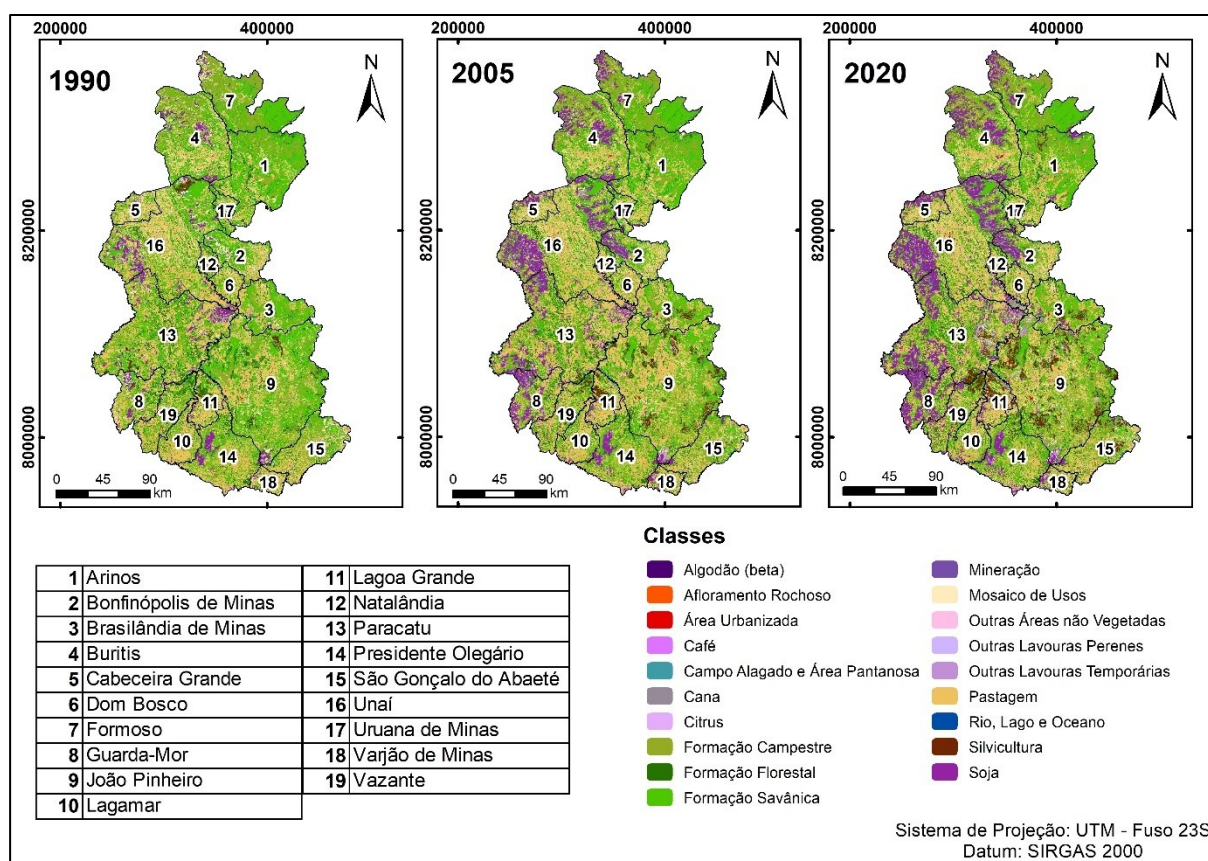


Figura 2. Variação multitemporal das classes de uso e cobertura da terra na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Tabela 3. Representatividade da classe agropecuária frente aos demais usos.

Varjão de Minas				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	485,66	471,12	454,72	-6,37
Demais usos	165,83	180,37	196,77	+18,66
Uruana de Minas				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	282,22	315,90	316,07	+12,00
Demais usos	315,98	282,12	282,13	-10,71
São Gonçalo				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	1166,13	11,225	1301,36	+11,60
Demais usos	1526,39	1568	1391,17	-8,85
Unai				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	4477,80	5100,35	5191,64	+15,94
Demais usos	3968,99	3364,44	3255,15	-17,98
Presidente Olegário				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	1621,23	1518,49	1471,74	-9,22
Demais usos	1899,44	1994,75	2032,07	+6,98
Paracatu				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	3331,79	3537,79	3042,18	-8,70
Demais usos	7151	7249,43	7336,27	+2,60
Natalândia				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	205,95	275,83	266,47	+29,38
Demais usos	262,69	192,80	202,17	-26,04
Lagoa Grande				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	672,32	759,50	757,12	+12,61
Demais usos	563,99	476,81	479,19	-15,03
Lagamar				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	907,46	850,33	785,24	-13,47
Demais usos	567,12	624,24	689,34	21,55
João Pinheiro				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	3586,40	4808,92	5083,18	+41,73
Demais usos	7140,70	5918,17	5643,92	-23,48
Guarda-Mor				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	952,78	844,45	618,72	-35,06
Demais usos	1116,07	1224,40	1450,13	+29,93
Formoso				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	408,01	347,65	399,94	-1,98
Demais usos	3227,98	3338,35	3286,06	+1,80
Dom Bosco				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	469,14	519,29	529,82	+12,93

Avaliação da expansão agropecuária como forma de indicador de degradação ambiental na mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil

Demais usos	348,22	298,07	287,54	-17,42
Buritis				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	1997,31	2332,22	2583,68	+29,31
Demais usos	3227,85	2892,93	2641,48	-18,16
Brasilândia de Minas				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	786,55	976,67	1091,16	+38,72
Demais usos	1723,15	1533,03	1418,54	-17,67
Bonfinópolis				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	753,12	949,48	1010,05	+34,11
Demais usos	1097,32	900,96	840,37	-23,41
Arinos				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	1118,80	1452,49	1783,14	+59,38
Demais usos	4160,60	3826,91	3496,26	-15,96
Cabeceira Grande				
Classe	1990	2005	2020	Variação (%)
Agropecuária	628,77	692,88	715,62	+13,81
Demais usos	404,33	340,22	317,48	-21,48

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Ao longo do período de 1990 a 2020, a área destinada à agropecuária aumentou aproximadamente 13,15 % enquanto a área destinada a outros usos reduziu em cerca de 7,48 % ao longo do período de 1990 a 2020. Essa variação indica uma expansão contínua da atividade agropecuária na região, em consonância com os padrões observados em nível nacional e global. Essas mudanças na paisagem agrícola da região são reflexo de diversos fatores, incluindo políticas de incentivo à produção agrícola, avanços tecnológicos no setor agropecuário e demanda crescente por produtos agrícolas.

No entanto, é importante ressaltar que esse aumento na área destinada à agropecuária pode implicar em impactos ambientais significativos, como desmatamento, perda de biodiversidade e degradação do solo, especialmente em uma região que abriga biomas sensíveis, como o cerrado. Assim, medidas de manejo ambiental e políticas de uso sustentável da terra são essenciais para mitigar os efeitos negativos dessa expansão agrícola e garantir a conservação dos recursos naturais na mesorregião noroeste de Minas Gerais.

Diante dos resultados apresentados ao longo das três décadas investigadas, observa-se um padrão de incremento da classe agropecuária em 12 dos municípios da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais, o que representa aproximadamente 63 % da área estudada. Esses locais, incluindo Uruana de Minas, São Gonçalo, Unai, Natalândia, Lagoa Grande, João Pinheiro, Dom Bosco, Buritis, Brasilândia de Minas, Bonfinópolis, Arinos e Cabeceira Grande, refletem a dinâmica econômica da região, onde a atividade agropecuária desempenha um papel de destaque na formação do PIB local. No entanto, é crucial analisar como esse crescimento agrícola se relaciona com a distribuição do PIB ao longo do tempo e entre os diferentes municípios.

O estudo de Oliveira Filho & Neto (2022) sobre os Valores Adicionados Bruto (VABs) da agropecuária no PIB a preços correntes de 2017 revela uma discrepância significativa no panorama econômico da Mesorregião Noroeste. Os municípios de João Pinheiro e Unai emergem como protagonistas, superando o PIB dos demais municípios, exceto de Paracatu, que equivale à soma de todos os outros municípios, excluindo Unai e João Pinheiro.

A diferença de desenvolvimento econômico entre os municípios destaca-se, especialmente considerando a expansão agrícola entre esses 12 municípios. O fato de João Pinheiro e Unai concentrarem o PIB sugere que há fatores específicos impulsionando o crescimento nessas áreas. No

entanto, a análise aqui realizada pode não inferir completamente esses fatores, indicando a necessidade de investigações mais detalhadas para entender melhor essa dinâmica econômica regional.

Ainda de forma conjunta, vale destacar que Gomes *et al.* (2013), a fim de verificar a espacialização de parâmetros que compõe a infraestrutura, logística e organização do estado, notaram que o único mapa que apresentou dispersão frente aos demais foi o de estrutura fundiária, em que algumas áreas, com destaque para a Mesorregião Noroeste, apresentaram os mais elevados graus de concentração de terra, destoando-se frente ao estado, apresentando a hipótese existência de problemas sociais em relação ao acesso à terra pelos pequenos produtores e também pelos agricultores familiares, uma vez que essa região também aparece na pior faixa de classificação quanto à condição do produtor em relação à terra.

Neste ponto, convém destacar que essa situação avança de forma oposta aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), instituídos pela Organização das Nações Unidas, que objetiva, até 2030, aumentar a produtividade agrícola por meio de sistemas de produção agrícola sustentável, com a maior participação dos pequenos produtores e da agricultura familiar (ONU, 2015).

Analisados separadamente, é possível segmentar os municípios que apresentaram aumento da classe antrópica em 4 *clusters*, sendo-os com incremento de: a) até 15 %: Uruana de Minas, São Gonçalo, Unaí, Lagoa Grande, Dom Bosco e Cabeceira Grande; b) até 30 %: Natalândia e Buritis; c) até 50 %: João Pinheiro, Brasilândia de Minas e Bonfinópolis e; d) maiores do que 50 %, com a presença, apenas, do município de Arinos.

Essa discrepância do município de Arinos frente aos demais torna-se preocupante diante da irregularidade pluviométrica no local, com acumulado de 428,8 mm ao ano e um excedente hídrico de apenas 270 mm para o mesmo período, conforme balanço hídrico e classificação climática apresentada por Oliveira & Oliveira (2018) para o município. Ainda conforme os autores, os meses de dezembro a março compreendem o período de excedente hídrico, enquanto os meses de abril a outubro caracterizam o período de deficiência hídrica.

Ou seja, diante da situação de incremento de aproximadamente 60 % da classe agropecuária em Arinos, atrelada à irregularidade hídrica na região, constata-se que, muito provavelmente, a utilização de recursos naturais, como os recursos hídricos, está sendo utilizados de forma excedente pelos pivôs de irrigação, de forma a atender a necessidade hídrica das culturas agrícolas.

Nesse sentido, vale destacar que Silva *et al.* (2011) verificaram que o consumo de água para irrigação por pivô central nos municípios da sub-bacia do rio Urucuia se apresentava, durante alguns meses de estiagem, superior ao consumo destinado ao abastecimento público. Ainda conforme apresentado pelos autores, o consumo de água para irrigação apresentou, na região, valores de até 41 vezes mais do que o utilizado para o abastecimento público.

Entretanto, Arinos apresentou a menor relação de demanda para irrigação versus uso para o abastecimento público, com 51.162 m³ para irrigação e 52.350 m³ para uso urbano em junho e 54.645 m³ para irrigação e 54.095 m³ para uso urbano no mês de julho. Porém, alguns dos municípios analisados pelos autores não compõe a Mesorregião Noroeste do estado, o que dificulta a relação para com esse. Ainda assim, e diante dos resultados apresentados por este estudo, acredita-se que a situação possa ter se tornado ainda mais crítica.

Diante dessa situação, em 2021 foi lançado o projeto Pró-Águas Rio Urucuia, que beneficia 14 municípios, dentre esses, Arinos, objetivando alcançar a conservação do solo e aumentar o volume de água para potencializar a produção de alimento, sendo esse, voltado para a recuperação da capacidade hídrica de uma das principais sub-bacias contribuintes para o Rio São Francisco (BRASIL 2021).

Neste ponto, e diante da utilização dos recursos naturais e os seus conflitos de uso, convém destacar o município de Unaí, que ocupa o primeiro *cluster* de crescimento da classe agropecuária mas se apresenta como destaque no cenário nacional na produção de grãos, com proeminência para a soja, situação que se relaciona com o fato de que os produtores do município buscam, cada vez mais, aumentar a produção agropecuária sem exponenciar a área arável, incrementando, dessa forma, as irrigações, corroborando o fato de que Unaí é destaque nacional no percentual de área irrigada por

pivô central, liderando esse ranking até o ano de 2021, quando foi ultrapassada pelo município de Paracatu (EMBRAPA 2011, IRRIGANOR 2021).

Em levantamento realizado pela Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas (IRRIGANOR), o município de Unai possuía, naquele período, cerca de 71.000 ha irrigados e 863 pivôs centrais (IRRIGANOR 2021). Além do mais, passou de uma quantidade de soja produzida de aproximadamente 31.000 toneladas no ano de 1990 para aproximadamente 445.000 toneladas em 2020, apresentando um crescimento de quase 1340 %, enquanto a área plantada para essa cultura apresentou, para o mesmo período, um incremento de 240 %.

Por conseguinte, em estudo realizado por Gualdani & Sobrinho (2020), os autores ressaltam a quantidade de áreas no município com Declaração de Área de Conflito (DAC) - 3, pois, conforme destacado pelos autores, ao mesmo tempo em que se ressalta que uma das principais formas de expansão da produção agrícola sem realizar o aumento da área agricultável é a utilização de sistemas dos irrigação, por outro lado, esse avanço desencadeia o aumento de conflitos por água, situação essa que está presente, de forma veemente, em Unai.

Convém destacar que a concentração dos pivôs de irrigação nos municípios de Paracatu e Unai estão distribuídos entre os divisores de águas da bacia do São Francisco (sub-bacia do Rio Paracatu) e Paraná (sub-bacia do Rio São Marcos, afluente do Paranaíba) (BRASIL 2019), indicando a importância de se realizar o monitoramento dessa região, de forma a se subsidiar a gestão territorial, fornecendo dados para a utilização dos tomadores de decisão e os fiscalizadores ambientais.

Nesse sentido, e diante dos resultados apresentados, convém frisar a importância e a necessidade de se seguir os princípios do Desenvolvimento Sustentável, atrelado aos objetivos impostos pelos ODS da ONU, na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais, de forma a se obter os benefícios econômicos provenientes das atividades antrópicas de forma racional, havendo, quando necessário, as mitigações e possíveis compensações para com os impactos ambientais negativos ocasionados pelas utilização dos recursos naturais, sendo que, apenas dessas forma, será possível frear os efeitos maléficos provenientes dessa situação.

Em relação aos municípios que apresentaram redução da classe agropecuária, a maioria desses (Varjão de Minas, Presidente Olegário, Paracatu, Lagamar e Formoso) apresentou decréscimo de entre 1 – 15 %, com exceção do município de Guarda-Mor, que apresentou o valor de -35,06 %. Contudo essa situação representa os objetivos impostos pelos órgãos internacionais e nacionais, como a ONU para a Alimentação e Agricultura (FAO), para frear a expansão agrícola, de forma que se produza a mesma quantidade, ou mais, com a mesma quantidade de terras aráveis (FAO 2015)

Entretanto, acredita-se que esses municípios buscam, por meio desse princípio, alavancar o seu crescimento por meio da utilização dos recursos naturais, como a água, ao invés de realizar o investimento nas técnicas de AP, por exemplo, que possuem o objetivo de realizar uma gestão agrícola que utilize um conjunto de técnicas avançadas de informação, comunicação e análise de dados para se ter tomadas de decisão eficientes acerca da utilização dos recursos naturais (Sharma *et al.* 2020).

Essa situação é corroborada ao se analisar o comportamento multitemporal das classes analisadas do município de Paracatu, que, em todos os anos da série analisada, apresentou a classe agropecuária com mais de 40 % em relação aos demais usos. Contudo, esse valor ainda foi incrementado no primeiro intervalo analisado, entre 1990 e 2005, e só veio a diminuir no segundo intervalo, fato que implica na importância em se analisar séries multitemporais, principalmente quando se analisa as classes de uso e cobertura da terra.

Além do mais, por mais que a área da classe agropecuária tenha reduzido, a produção agropecuária, não, principalmente quando se verifica a quantidade de grãos, como soja e feijão, em que a produção praticamente quadruplicou em menos de 20 anos (2004 – 2002), e milho, com a produção de 6 vezes mais toneladas em relação ao mesmo período.

Além do mais, o município de Paracatu possui, atualmente, a maior área irrigada da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais, conforme apresentado pela IRRIGANOR (2021), que destacou a quantidade de aproximadamente 70.700 ha de área irrigada e 1.137 equipamentos de pivô central

distribuído pelo território municipal. Em relação à quantidade produzida, passou de 31.000 toneladas em 1990 para aproximadamente 375.000 em 2020, apresentando um incremento aproximado de 1100 %. Analisando o primeiro e o último ano da série temporal, e se tratando apenas da cultura de soja, Paracatu passou de uma área plantada de aproximadamente 34.000 ha em 1990 para 96.000 ha em 2020, apresentando crescimento em torno de 180 %.

Contudo, o município também passa por problemas relacionados ao DAC, principalmente em sua bacia de captação de água para a realização do abastecimento público, o que torna a situação ainda mais crítica, havendo a necessidade de se implantar práticas de conservação, como a criação do Parque Estadual de Paracatu, com o objetivo de frear a expansão agrícola, garantir os recursos hídricos necessários ao abastecimento público e preservar as tipologias que ainda existem na região (Santos *et al.* 2023).

Analisados separadamente, a Figura 3 apresenta o IEA de cada município e em cada ano da série temporal analisada. Conjuntamente, a Figura 4 indica o IEA médio obtido pela variação espaço-temporal da classe agropecuária durante os 30 anos.

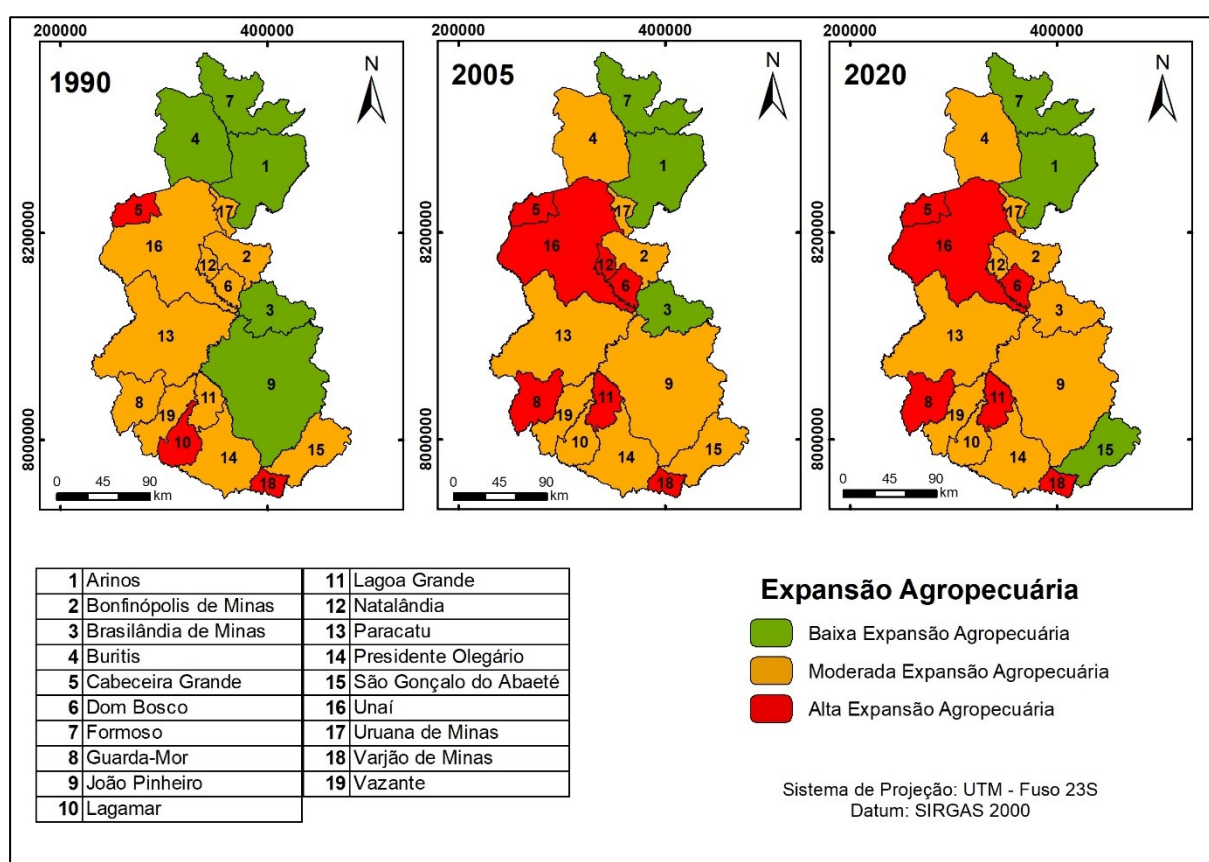


Figura 3. IEA (1990 – 2020) da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

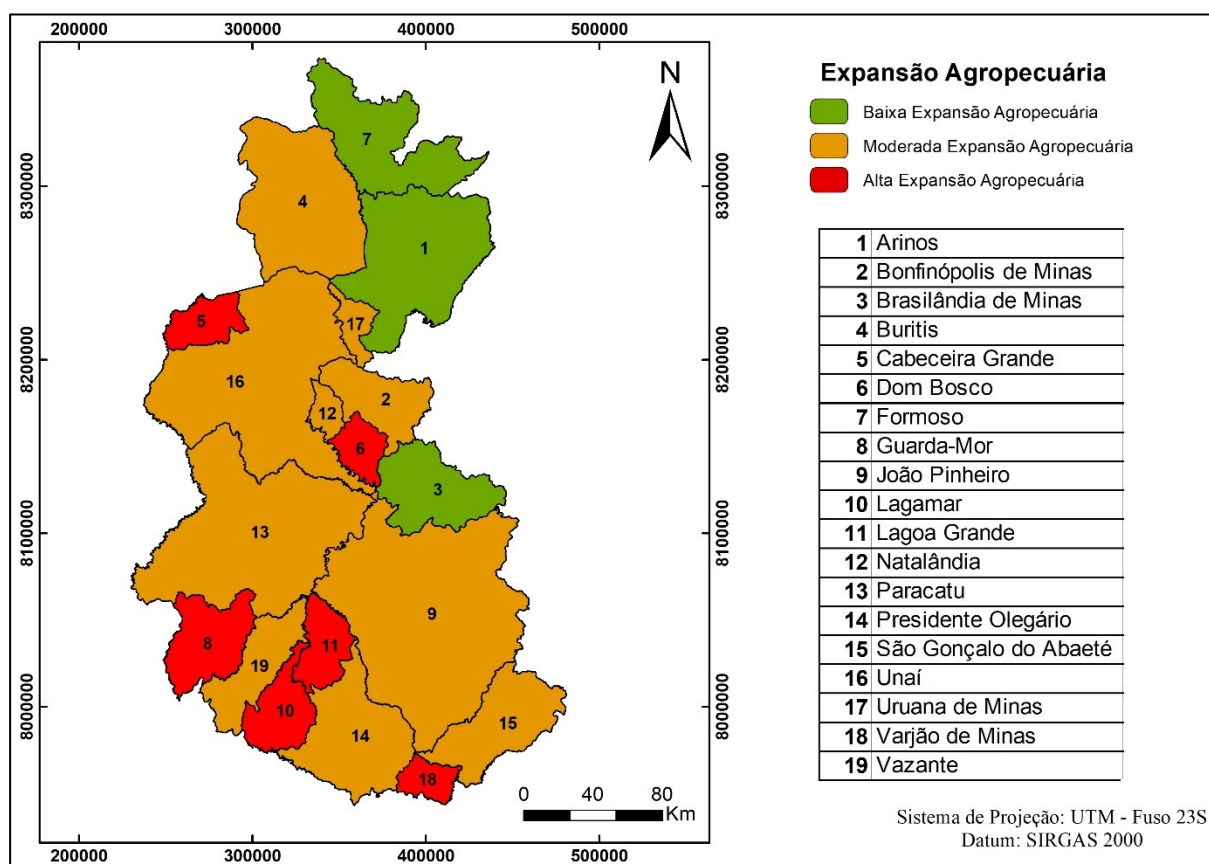


Figura 4. IEA médio da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Diante dos resultados, é possível notar que em 1990 a Mesorregião continha apenas 3 municípios com IEA classificados como “Alta Intensidade Agropecuária”, enquanto 5 desses apresentavam valores de “Baixa Intensidade Agropecuária” para o respectivo índice.

Por conseguinte, após 30 anos, a quantidade de municípios que apresentam IEA com “Alta Intensidade Agropecuária” dobrou, passando para 6, enquanto a quantidade de IEA enquadrados como “Baixa Intensidade Agropecuária” diminuiu, passando de 5 municípios para apenas 3.

Alguns desses, como Arinos e Formoso, apresentaram, em todos os anos da série temporal, baixo IEA, entretanto, convém ressaltar que a possível forma com que essa atividade está sendo realizada torna-se preocupante frente aos ODS impostos pela ONU, haja vista a intensa utilização dos recursos naturais. Vale destacar ainda que, por mais que tenha apresentado “Baixa Intensidade Agropecuária”, Arinos foi o município da Mesorregião que mais obteve incremento percentual da classe agropecuária.

Em relação aos municípios que apresentaram “Alta Intensidade Agropecuária”, destaca-se a presença de Varjão de Minas em todos os anos da série analisada. Vale destacar que esse município se encontra localizado na porção mineira de sub-bacias que compõe a bacia do rio São Francisco, sendo alvo de ações de revitalização que visam aumentar a quantidade e a qualidade da água, minimizar os processos erosivos, fomentar a agricultura sustentável e promover a segurança hídrica da bacia (SEAPA, 2023).

Dentre esses, também se destaca os municípios de Unai, Lagoa Grande e Dom Bosco, que resultaram em valores de IEA classificados como “Alta Intensidade Agropecuária” entre os anos 2005 e 2020, fato que aponta para um crescimento nos valores de IEA nos últimos 15 anos nesses locais.

Entretanto, acredita-se que pelo fato do ano 1990 ter apresentado, em sua maioria, valores de IEA baixos e moderados, esses municípios não estão presentes na classe mediana de IEA na média temporal. Contudo, devem ser monitorados para fins de gestão territorial e ambiental, pois, caso não

freada, essa atividade pode incrementar-se ainda mais, ocasionando em impactos negativos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à população local.

Por fim, analisados conjuntamente, aproximadamente 30 % dos municípios que compõe a Mesorregião Noroeste de Minas Gerais apresentaram IEA enquadrados como o mais alto grau de intensidade agropecuária durante a série temporal analisada, e metade desses, 15 %, obtiveram valores baixos de IEA. Os demais, ocupam a classe mediana. Contudo, é válido destacar que, mesmo com valores de IEA baixo, municípios como Arinos apresentaram alto incremento do percentual da classe agropecuária, o que torna a situação crítica frente a expansão da fronteira agrícola no local.

Além disso, por mais que a maioria dos municípios estejam ocupados por valores moderados de IEA, diante do crescimento da classe agropecuária obtido em alguns municípios e pelos crescentes valores de produção apresentado por esses, a situação tende a, com o decorrer dos anos, tornar-se crítica, de forma que esses possam avançar gradativamente para a classe de “Alta Intensidade Agrícola”, havendo a necessidade de estudos que, como esse, possam subsidiar os órgãos públicos, fiscalizadores e gestores, frente à atividade agrícola na área analisada.

4. Conclusão

Os resultados obtidos através da análise multitemporal de uso e ocupação da terra revelam que a Mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais enfrenta um uso insustentável dos recursos naturais, destacando-se a utilização irracional dos recursos hídricos e a significativa expansão das áreas irrigadas, sendo essa situação, refletida nas áreas de DAC impostas pelo estado.

O estudo evidencia uma evolução positiva no processo de intensificação agropecuária ao longo dos anos analisados em grande parte dos municípios da região, demonstrando a relevância econômica dessas atividades para o Noroeste de Minas Gerais. Contudo, essa intensificação implica preocupações quanto aos potenciais impactos ambientais, uma vez que há pressão sobre o uso da terra e os recursos hídricos.

É fundamental, portanto, buscar um equilíbrio entre aumento da produtividade e preservação ambiental, considerando que muitos municípios com valores moderados de IEA podem vir a registrar uma intensificação agrícola ainda maior se não forem adotadas medidas de controle.

Quanto ao IEA elaborado, esse índice revela-se como um instrumento valioso para o monitoramento espaço-temporal da expansão agrícola na região, além de permitir identificar quais áreas estão passando por alterações significativas no uso da terra. Essa ferramenta contribui, ainda, para o estabelecimento de estratégias de manejo agrícola mais eficaz, visando o desenvolvimento sustentável da Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

Embora o IEA ofereça uma avaliação abrangente da expansão agrícola, apresenta limitações importantes, como a dependência de dados disponíveis. Além disso, o índice pode não capturar adequadamente nuances nas práticas agrícolas que impactam a degradação ambiental, como o uso de técnicas sustentáveis versus práticas intensivas. Propostas de melhoria incluem a incorporação de dados mais precisos e atualizados, bem como a consideração de indicadores adicionais que abordem diretamente a qualidade ambiental das áreas analisadas.

Todavia, apesar das limitações, o método proposto desempenha um papel crucial no subsídio às políticas públicas e na análise da degradação ambiental na região, principalmente ao fornecer uma visão holística da expansão agrícola ao longo do tempo, sendo um subsídio valioso para orientar políticas de uso da terra e conservação ambiental na Mesorregião Noroeste de Minas Gerais.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Associação dos Produtores Rurais e Irrigantes do Noroeste de Minas - IRRIGANOR. (2021). *Paracatu tem a maior área irrigada por pivôs centrais no Noroeste de Minas Gerais*. [Consulta: 07-09-2023]. Disponível em: <https://www.irriganor.org/post/paracatu-tem-a-maior-%C3%A1rea-irrigada-do-Noroeste-de-minas-gerais>.
- Campos, A. C. de, & Paula, N. M. de. (2002). “A Evolução da Agropecuária Brasileira Nos Anos 90”. *Indicadores Econômicos FEE*, v. 29, n. 4, p. 177-199.
- Costa, S. H. G. “Apropriação privada das terras, grilagem judicial e luta pela terra de uso comum no norte de Minas Gerais”. (2019). *Perseu: História, Memória e Política*, n. 17.
- Cunha, N. R. da S., Lima, J. E. de, Gomes, M. F. de M., & Braga, M. J. (2008). “A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil”. *Revista de Economia E Sociologia Rural*, 46(2), 291–323. <https://doi.org/10.1590/s0103-20032008000200002>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (2011). *Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Milho e Sorgo. [Consulta: 17-09-2023]. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=920200&biblioteca=vazio&busca=920200&qFacets=920200&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>.
- Estado promove preservação dos recursos hídricos no meio rural*. (2023). Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SEAPA. [Consulta: 16-09-2023]. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/estado-promove-preservacao-dos-recursos-hidricos-no-meio-rural>.
- Exportações do agronegócio mineiro alcançam US\$ 15,3 bilhões em 2022 e atingem novo recorde*. (2023). Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. SEAPA. [Consulta: 01-08-2023]. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/exportacoes-do-agronegocio-mineiro-alcancam-us-153-bilhoes-em-2022-e-atingem>.
- Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG. (2017). *Perspectivas de desenvolvimento socioeconômico do Alto Paranaíba e Noroeste de Minas Gerais*. [Consulta: 16-09-2023]. Disponível em: <https://patosdeminas.mg.gov.br/fiemg-lanca-o-plano-de-perspectivas-de-desenvolvimento-socioeconomico-do-alto-paranaiba-e-noroeste-de-minas/>.
- Felema, J., & Spolador, H. F. S. (2023). “Dependência espacial na Agropecuária Brasileira e seus efeitos sobre a produção e a produtividade da terra e do Trabalho”. *Nova Economia*. v. 32, p. 743-774. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/7145>.
- Fernandes, M. M., Garcia, J. R., Moura, M. R. De., & Matricardi. E. A. T. (2021). “Land use and land cover changes and carbon stock valuation in the São Francisco river basin, Brazil”. *Environmental Challenges*, v. 5, p. 100247. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100247>.
- Fernandes, F. R. C., Enriquez, M. A. R. S., & Alamino, R. C. J. (2011). *Recursos minerais & Sustentabilidade: grandes minas*. Rio de Janeiro. CETEM/MCTI, 2011. 396p.
- Floreano, I. X., & de Moraes, L. A. F. (2021). Land use/land cover (LULC) analysis (2009–2019) with Google Earth Engine and 2030 prediction using Markov-CA in the Rondônia State, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 193, n. 4, p. 239. 10.1007/s10661-021-09016-y.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. (2015). *The state of food insecurity in the world 2015*. [Consulta: 16-09-2023]. Acesso em: <http://www.fao.org/publications/sofi/en/>.
- Gomes, I., Vieira, E. M., & Dos Santos, T. A. (2013). Espacialização e análise de alguns parâmetros referentes à infraestrutura, à logística e à organização institucional dos municípios do estado de Minas Gerais (BR). *Boletim Goiano de Geografia*, v. 33, n. 3, p. 29-45. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/27329>. Acesso em: 11 abr. 2024.

Governo federal Lança Projeto de revitalização na Bacia Hidrográfica do Rio Urucuia. (2021). Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. BRASIL. [Consulta: 08-09-2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/governo-federal-lanca-projeto-de-revitalizacao-na-bacia-hidrografica-do-rio-urucuia>.

Governo e BDMG lançam Plano Safra e Funcafé com R\$ 618 milhões em crédito. (2023). Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. Consulta: [31-08-2023]. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/governo-e-bdmg-lancam-plano-safra-e-funcafe-com-r-618-milhoes-em-credito>.

Gualdani, C., & Sobrinho, F, L. A. (2023). Agricultural modernization and water use conflicts in the urucuia river hydrographic basin, northwest of Minas Gerais Conflicto por la modernización. *Revista Da ANPEGE*, 19(38). <https://rmetsonline.wiley.com/doi/10.1002/joc.7773>.

Hazell, P., & Wood, S. Drivers of change in global agriculture.(2008). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1491, p. 495-515, 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2166>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2017). *Divisão Regional do Brasil*. Consulta: [31-07-2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2020). *Produto Interno Bruto dos Municípios*. Consulta: [01-08-2023]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. *Dados históricos*. Consulta: [03-08-2023]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/bdmep-dados-hist%C3%B3ricos>.

Jardim, C. H., & Silva, A. A. F. (2017). Aplicação de técnicas de preenchimento de falhas de dados de pluviosidade mensal e anual para o Noroeste do estado de Minas Gerais-Brasil. *Revista Geografias*, v. 13, n. 2, p. 83-106. 10.35699/2237-549X.2017.16058

Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil. (2019). Agência Nacional de Águas - ANA. Brasília (DF): 2019. 49 p. [Consulta: 01-08-2023]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1121226/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil>

MapBiomias General “Handbook” Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). (2022) Projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do brasil. Mapbiomas., Collection 6, version 1.0, 49 p. 2022. [Consulta: 01-08-2023]. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/ATBD_MapBiomias_Solo_Colecao_beta_v1_final_.pdf.

Minas Gerais é o 2º estado brasileiro com mais agricultores familiares. (2022, 3 de Outubro). Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA. [Consulta: 01-08-2023]. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/minas-gerais-e-o-2-estado-brasileiro-com-mais-agricultores-familiares>.

Mota Junior, E. R., Trentin, C. B., Silva, E. B. da. (2023). “Expansão de fronteiras agrícolas e transformações no uso e cobertura da terra em áreas circunvizinhas a terras indígenas no sudeste mato-grossense”. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 24, n. 91, p. 272–286. <https://doi.org/10.14393/RCG249162476>.

Oliveira Filho, E. R. de., & Neto, J. S. (2022). “Perfil das cooperativas agropecuárias no Noroeste de Minas Gerais”. *Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 19, n. 1, jan/mar, p. 261-280, 2022.

Oliveira, J. A. M. de., & Oliveira, C. M. M. de. (2018). “Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos–MG”. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, n. 6, p. 3021-3027. <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n600901>.

Organização das Nações Unidas - ONU. (2015). *General Assembly Resolution A/RES/70/1*. Transforming Our World, the 2030 Agenda for Sustainable Development.

Saath, K. C. O. de., & Fachinello, A. L. (2018). “Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil”. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 56, p. 195-212. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>.

Santos, A. P. dos, Santil, F. L. de P., Carbone, S., & Silva, C. R. da. (2022). “The influence of urban and mineral expansion on surface temperature variation”. *Acta Scientiarum. Technology*, 45(1), e60114. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v45i1.60117>.

Santos, A. P. dos., Simionatto, H. H., Arantes, L. T., Simonetti, V. C., Oliveira, R. A. de., Sales, J. C. A., & Silva, A. D. C. da C. e. (2023). The Influence of Land Use and Land Cover on Surface Temperature in a Water Catchment Sub-Basin. *Sociedade & Natureza*, v. 35, n. 1. <https://doi.org/10.14393/sn-v35-2023-69161>.

Santos, A. P. dos, Simionatto, H. H., & Xisto, L. A. D. (2022). “Técnicas de PDI Aplicadas Para a Identificação e Extração Automática de Atividades Antrópicas”. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 15(4), 2121–2137. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.4.p2121-2137>.

Santos, A., Santil, F., Oliveira, P., & Roveda, J. (2021). “Utilização da Lógica Fuzzy como suporte ao Zoneamento Ambiental: um estudo de caso em Paracatu – MG”. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 14(4), 2352–2368. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2352-2368>.

Santos, A. P. dos, Simionatto, H. H., Tondato Arantes, L., Santacruz Salas, A. P., & da Cunha e Silva, D. C. (2024). “Relación espacio-temporal de la temperatura superficial con el tipo de cobertura y uso del suelo, en los barrios del municipio de Paracatu, Minas Gerais, Brasil”. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 44(1), 235–249. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9297554>

Santos, B. R., Paiva, R., Dombroski, J. L. D., Martinotto, C., Nogueira, R. C., & Silva, Á. A. N. (2004). BT 64 - Pequiizeiro (*Caryocar Brasiliense* camb.): uma espécie promissora do Cerrado Brasileiro. *Editora UFPA – Boletins Técnicos*. [Consulta: 14-04-2024] Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/48212/1/BT%2064.pdf>.

Santos, A., & Simionatto, H. (2023). “Methodological proposal for evaluating the transformation of urban microclimate in medium-sized cities: a case study in the urban mesh of the municipality of Paracatu, Minas Gerais”. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, 57, 46-65. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v57i0.88156>

Sharma, A., Jain, A., Gupta, P., & Chowdary, V. (2020). “Machine learning applications for precision agriculture: A comprehensive review”. *IEEE Access*, v. 9, p. 4843-4873. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3048415>

Silva, D., Galvanin, E. A.S., & Menezes, R. (2022). “Spatio-temporal analysis of land use/land cover change dynamics in Paraguai/Jauquara Basin, Brazil”. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 194, n. 6, p. 400. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10052-5>

Silva, G. J. C. da., Souza, E. C., & Martins, H. E. P. de. (2012). “Produção agropecuária em municípios de Minas Gerais (1996-2006): padrões de distribuição, especialização e associação espacial”. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, p. 333-349.

Silva, L. S. C. da *et al.* (2011). Uso de imagens do satélite ResourceSat_LISS3 para estimativa da demanda hídrica na região Noroeste do Estado de Minas Gerais. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0376.

Souza, J. M. de, Morgado, P., Costa, E. M. da, & Vianna, L. F. de N. (2022). “Modeling of land use and land cover (LULC) change based on artificial neural networks for the Chapecó river ecological corridor, Santa Catarina/Brazil”. *Sustainability*, v. 14, n. 7, p. 4038. <https://doi.org/10.3390/su14074038>

Valor da Produção Agropecuária fecha 2022 em R\$ 1,189 trilhão. (2022). Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA. [Consulta: 31-07-2023]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-fecha-2022-em-r-1-189-trilhao>.

Veiga, R. S. de., & Silva, V. A. de. “Uso, Cobertura e ocupação da terra no município de Porto Seguro, BA: Uma análise espaço temporal (1985-2016)”. (2018). *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 19, n. 65, p. 232–244, 2018. <https://doi.org/10.14393/rcg196517>

Vieira, E. A., Fialho, J. de F., Carvalho, L. J. C. B., Malaquias, J. V., & Fernandes, F. D. (2015). “Desempenho agrônômico de acessos de mandioca de mesa em área de Cerrado no município de Unai, região noroeste de Minas Gerais.” *Científica*, 43(4), 371–377. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n4p371-377>

Xavier, J. H. V., Silva, F. A. M. da, Scopel, E., Oliveira, M. N. de, & Zoby, J. L. F. (2009). “Efeitos da introdução do sistema de plantio direto de milho por agricultores familiares do município de Unai, MG (Cerrado Brasileiro)”. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39(1): 51-60.