

QUANTO CERRADO PRECISAMOS PERDER PARA ESTIMULAR O CRESCIMENTO ECONÔMICO?

HOW MUCH CERRADO WE NEED TO LOSE TO INSTILL ECONOMIC GROWTH?

**Luan de Oliveira QUEIROZ, Sônia Maria CARVALHO RIBEIRO,
Ricardo Alexandrino GARCIA**

Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627. Pampulha, Belo Horizonte – MG.

E-mail: luanqoliveira@gmail.com; soniacarvalhoribeiro@cart.igc.ufmg.br; alexandrinogarcia@gmail.com

Introdução
Métodos
Área de estudo
Dados
Índice de Hemerobia Adaptado
Resultados
Análise descritiva
PAM *versus* MAPBIOMAS
Índice de Hemerobia Adaptado (IHA) e Ajustado (IHAj)
Discussão
Pressões antrópicas sobre o cerrado
Métodos de estimação: PAM x MAPBIOMAS
Hemerobia na área de estudo
Alguns apontamentos para o presente e para o futuro
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Este estudo avalia o *trade-off* de desenvolvimento econômico e conservação em dois municípios, Pirapora/MG e Buritizeiro/MG, com o objetivo de identificar e quantificar as principais pressões antrópicas sobre o Cerrado da área de estudo e seus serviços ecossistêmicos usando métricas da paisagem. A pesquisa utilizou a abordagem de índices de hemerobia a partir dos mapas de uso e cobertura do MAPBIOMAS de 1985 a 2021 para caracterizar a composição e configuração da paisagem e as possíveis ameaças ao bioma do Cerrado. Entre os anos de 2014 e 2021, as transições de uso da terra, antes mais suscetíveis às outras lavouras temporárias e silvicultura, foram mais presentes para as classes de outras lavouras perenes, de soja e de citrus, indicando algumas das transformações produtivas no mosaico. Nossos resultados também quantificaram o impacto humano moderado sobre a paisagem no corte temporal avaliado. O índice hemerobiótico alterou de 2.461 em 1985 para 2.737 em 2021. As alterações percebidas nos registros indicam transformações do uso da terra para a formação de um modelo agroexportador. Deste modo, a região pode estar numa nova fronteira agrícola para a instalação/fortalecimento de culturas voltadas para a exportação.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Desenvolvimento Econômico. Conservação. Cerrado. Norte de Minas.

ABSTRACT - This study assesses the economic development and conservation trade-off in two municipalities, Pirapora/MG and Buritizeiro/MG, with the objective of identify and quantify the main anthropogenic pressures on the Cerrado of the study area and its ecosystem services using landscape metrics. This research used the hemeroby indices approach from the MAPBIOMAS use and coverage maps from 1985 to 2021 to characterize the composition and configuration of the landscape and possible threats to the Cerrado biome. Between the years 2014 and 2021, land use transitions, previously more susceptible to other temporary crops and forest plantation, were more present for the classes of other perennial crops, soybean and citrus, indicating some of the productive transformations in the mosaic. Our results also quantified the moderate human impact on the landscape in the evaluated temporal cut. The hemerobiotic index changed from 2.461 in 1985 to 2.737 in 2021. The changes perceived in the records indicate transformations in land use for the formation of an agro-export model. In this way, the region may be on a new agricultural frontier for the installation/strengthening of export-oriented crops.

Keywords: Environment. Economic Development. Conservation. Cerrado. Northern Minas Gerais.

INTRODUÇÃO

Independente do entendimento sobre o conceito de hemerobia, quer seja como medidor do nível de pressão antrópica sobre a naturalidade do meio ambiente, quer seja como descritor do estado potencial de um ecossistema, não se pode desconsiderar que sua estimação é uma ferramenta comumente apropriada por diversos campos analíticos ligados à conservação e ao planejamento territorial como critério para avaliação

da paisagem (Erdős et al., 2022).

Essa preocupação/utilização surge devido aos significados que a perda de naturalidade da paisagem indica para todos aqueles que dela dependem (Machado, 2004). Dentre estas acepções, a qualidade da relação humana com a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos no espaço aparece frequentemente como objeto de pesquisa, principalmente, em estudos que estimam

os resultados de sua sucessiva intervenção na composição e estrutura da paisagem (Chi et al., 2018; Zhou et al., 2018; Han et al., 2020; Yang & Song, 2021).

Existem diversas formas de medição da hemerobia, provavelmente, pela complexidade envolvida para adaptar este conceito ao objeto de análise. Para este estudo, a ideia é entender como a intensificação dos usos humanos da terra pressionam as classes de cobertura (mais naturais) em uma perspectiva de compreender as possíveis ameaças à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelo bioma Cerrado.

Neste sentido, o conceito de hemerobia, que se associa também com a naturalidade (porém, não sinônimo) do ambiente, torna-se adequado para entender as transformações ocorridas e que poderão acontecer na região futuramente (Walz & Stein, 2014; Erdős et al., 2022). Inclusive, esta definição, e sua quantificação, é considerada como uma medida agregadora das intervenções humanas e seus impactos sobre o ecossistema (Lausch et al., 2015; Walz & Stein, 2014).

Diversos estudos relacionados à Ecologia da Paisagem utilizam esta tipologia de índices para monitorar e avaliar as pressões humanas na paisagem (Walz & Stein, 2014; Szilassi et al., 2017; Yi et al., 2021; Gusmão et al., 2021). Estes autores conseguiram indicar as particularidades de cada região por meio de intervalos de classificação de hemerobia (maior pressão, menor naturalidade) para suas áreas de estudo.

Nestas pesquisas, as estimativas apontaram um quadro evolutivo da intensificação do uso da terra na paisagem a favor da ampliação do impacto humano e da pressão sobre a vegetação nativa, e de seus outputs imediatos, como a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Walz & Stein, 2014; Szilassi et al., 2017; Gusmão et al., 2021).

Estes resultados são fundamentais para a gestão municipal antever os possíveis dilemas econômicos e ambientais a serem enfrentados, e desenvolver, por meio do engajamento entre os principais atores envolvidos, políticas municipais adequadas a necessidade de conservação dos biomas aos quais estão circunscritos (Van Bussel et al., 2020; Branco et al., 2022).

No estudo em questão, estas conjecturas auxiliariam na construção de uma gestão proativa da paisagem, a favor da conservação do Cerrado e da sustentabilidade territorial, protegendo e preservando os seus serviços e biodiversidade.

Ainda mais, por ser a região do Norte de Minas alvo de muitos estudos sobre desertificação, degradação do solo, incêndios, desmatamento, e destruição da fauna e flora do bioma Cerrado ali presentes (Marques et al., 2017; Cerqueira et al., 2021; Latuf et al., 2022).

Deste modo, esta abordagem atribuiria aos municípios a necessidade de alinhamento das políticas locais com os modelos de governança preterido nacionalmente e internacionalmente, com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e com a Convenção sobre Diversidade Biológica, especialmente nos quesitos de construção de cidades e comunidades mais sustentáveis (ODS#15), de ações de recuperação e conservação para ampliar a resiliência e preservação de serviços essenciais de ecossistemas provedores (Aichi Target 14) e de redução da degradação e fragmentação de todos os habitats naturais (Aichi Target 05) (ONU, 2018, 2022; CBD, 2020).

Assim, especificamente, avaliar este possível cenário, permitiria antecipar estratégias de gestão da paisagem para pensar no processo de conservação do Cerrado, e no desenvolvimento e adaptação destas atividades, tornando-as mais sustentáveis ambientalmente (Neves et al., 2014; Bustamante et al., 2019; Chazdon et al., 2022; Padovezi et al., 2022).

Somado a isto, há uma convergência de investimentos infraestruturais para mesorregião, como, por exemplo, a duplicação da BR 135 (trecho Curvelo/Montes Claros) e a implantação de usinas solares (e.g. Complexo Solar Pirapora) (Minas Gerais, 2018; Oliveira et al., 2021). Logo, estas transformações na infraestrutura urbana poderiam produzir diversos impactos ambientais, sociais e econômicos em seu entorno (Oliveira et al., 2021). Entre essas implicações, uma importante seria a mudança ou transição de atividades produtivas tradicionais ali existentes para outras que mais se adequam a essa nova realidade (Gomes, 2019).

Desta forma, esses investimentos produziram efeitos econômicos interessantes, em termos de geração de renda e emprego, para a localidade (Silva et al., 2016; Oliveira et al., 2021; Tisott & Schmidt, 2021), porém, em termos ambientais, os danos provocados, principalmente, em relação ao uso da terra, poderiam ser significativos (Gomes, 2019). Nesse sentido, algumas questões tornam-se relevantes, como:

Os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade do Cerrado Norte Mineiro estão ou estarão sob ameaça?

Se sim, como inverter essa tendência?

Quais políticas ou ações públicas podem mudar esse paradigma?

Como os investimentos estão reforçando este cenário?

Em suma, para o cenário analisado, entender estas alterações do uso da terra e suas tendências,

por meio de construção e avaliação de um índice hemerobiótico para a localidade, permitiria erigir um quadro da sua realidade econômica e das principais forças antrópicas que estão agindo sobre o território de Pirapora/MG e Buritizeiro/MG, e, por conseguinte, sobre o Cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

As cidades de Pirapora/MG e de Buritizeiro/MG localizam-se no Norte de Minas Gerais, na extensão do Alto Médio da Bacia do Rio São Francisco (ver Figura 1). Enquanto que o município de Pirapora/MG (à direita) conta com uma população estimada em 2021 de 56.845 habitantes e extensão territorial de 549,514 km² (IBGE, 2022e) e tem na atividade industrial (e.g. produção têxtil e metalúrgica) o elemento dinâmico da sua economia, a cidade de Buritizeiro/MG (à esquerda) apresenta uma extensão

territorial de 7.218,401 km² e população estimada em 2021 de 28.184 pessoas (IBGE, 2022d) e sua vocação econômica recai no desenvolvimento das atividades de silvicultura e de agropecuária (e.g. cultivo de eucalipto, de milho, de café e de soja e a produção bovina, suína e de galináceos).

Essa mesorregião está posicionada geograficamente numa área que reúne diversos fluxos de transporte e de mercadorias de estados vizinhos, tornando-a uma região estratégica do ponto de vista econômico.

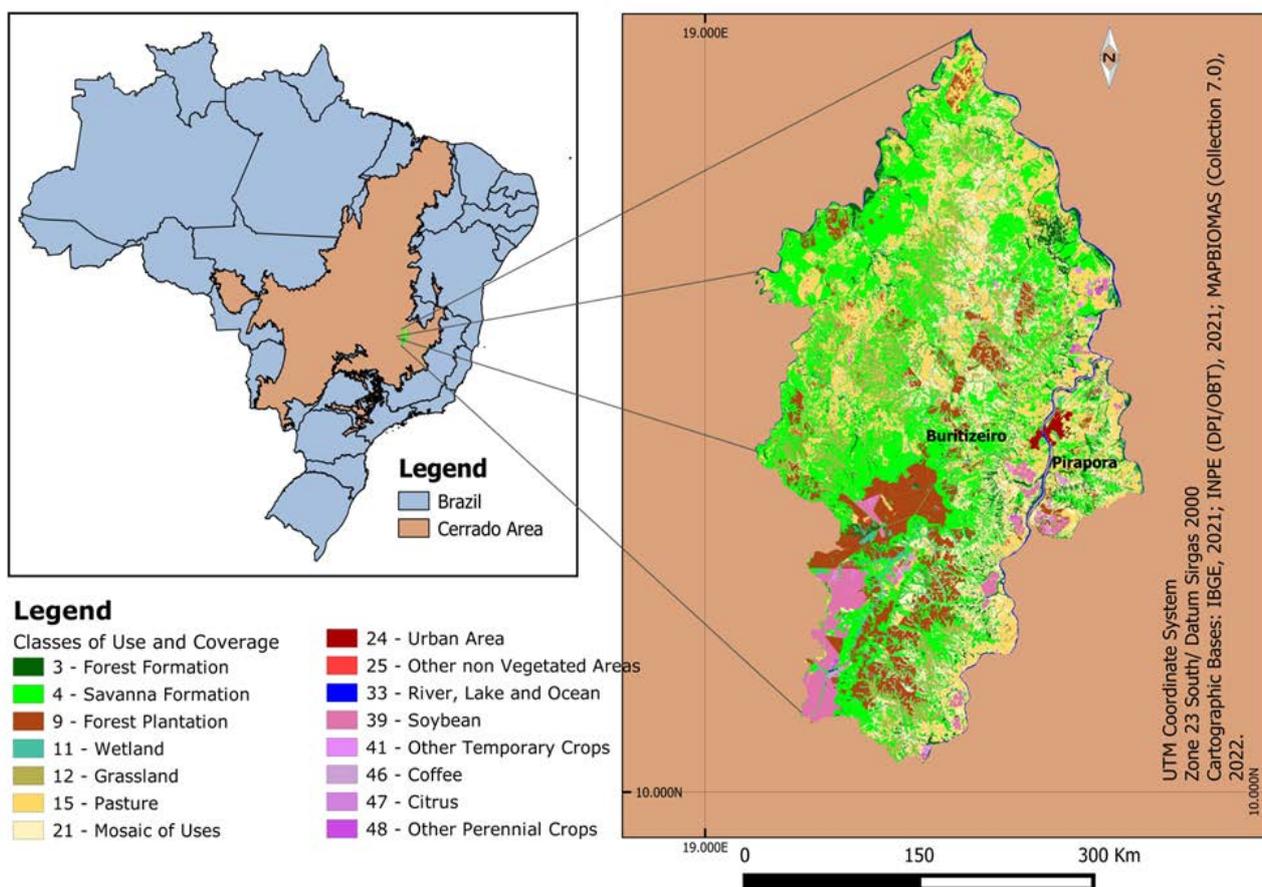


Figura 1 - Localização da área de estudo e as classes de uso e cobertura do solo em 2021.

Adicionalmente, esta localidade passa por grandes transformações em termos de infraestrutura, como: a chegada de usinas produtoras de energia solar, dada a incidência de raios solares nesta faixa do território, e a duplicação da BR-

135 para facilitar a logística de transporte para as principais regiões do país (Minas Gerais, 2018; Oliveira et al., 2021).

Dados

Os dados de uso e cobertura da terra utilizados

no estudo foram extraídos da coleção 7.0 da plataforma do MAPBIOMAS. Para a composição do mosaico da área de estudo, foram baixadas 74 bases cartográficas, 37 bases para cada município, no período de 1985 a 2021 (MAPBIOMAS, 2022). Essas bases geraram 37 rasters de resolução de 30m/pixel reprojatados no Datum Sirgas 2000/UTM 23S no

QGIS, versão 3.18. A partir dos rasters foram calculadas as seguintes métricas no Fragstats 4.0: Área Total da Classe (CA), Porcentagem da Paisagem (PLAND), Número de Classes (PR), Índice de Diversidade de Shannon (SHDI) e Índice de Diversidade de Simpson (SIDI) (McGarigal et al., 2015). A descrição das variáveis está na figura 2.

Métrica	Tipo	Fórmulas	Descrição	Unidade de Medida
Área Total da Classe (CA)	Classe / Composição	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot \left(\frac{1}{10,000}\right)$ $a_{ij} = \text{área (em m}^2\text{) do fragmento } ij.$	Somatório das áreas (em m ²) de todos os fragmentos de determinada classe de uso e cobertura dividido por 10.000.	Hectares
Porcentagem da Paisagem (PLAND)	Classe / Composição	$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \cdot (100)$ $a_{ij} = \text{área (em m}^2\text{) do fragmento } ij.$ $A = \text{área total (em m}^2\text{) da paisagem.}$	Proporção (%) da área da paisagem ocupada por tipo de classe de uso e cobertura.	Porcentagem
Número de Classes (PR)	Paisagem / Composição	$PR = m$	Número de diferentes tipos de classes de uso da terra e cobertura presentes na paisagem.	None
Índice de Diversidade de Shannon (SHDI)	Paisagem / Composição	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$ $P_i = PLAND = \text{proporção (\%)} \text{ da área da paisagem ocupada por tipo de classe de uso e cobertura.}$	Oposto do somatório, em todos os tipos de manchas, da proporção de cada tipo de fragmento de classe multiplicado pelo logaritmo natural dessa proporção.	Information
Índice de Diversidade de Simpson (SIDI)	Paisagem / Composição	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$ $P_i = PLAND = \text{proporção (\%)} \text{ da área da paisagem ocupada por tipo de classe de uso e cobertura.}$	Complementar do Somatório em relação a 1, considerando todos os tipos de manchas, da proporção elevada ao quadrado de cada tipo de fragmento de classe.	None
Índice de Diversidade de Simpson – Diversidade Agrícola (SIDI_DA)	-	$SIDI_DA = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$ $P_i = \text{proporção (\%)} \text{ da área ocupada de cada produto, sendo ele de lavoura temporária ou perene, em relação à área plantada total.}$	Complementar do Somatório em relação a 1, considerando todos os tipos de produtos, da proporção elevada ao quadrado de cada tipo de produto plantado.	None

Figura 2 – Métricas de classe e de paisagem utilizadas para área de estudo.

O Índice de Diversidade Agrícola foi calculado com base nas informações da área plantada ou área destinada à colheita dos produtos agrícolas (de culturas temporárias e permanentes) cultivados no mosaico no período de 1988 a 2021 (IBGE, 2022a). Os dados são disponibilizados pela Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE – ver figura 3). A lógica do cálculo segue a fórmula matemática do Índice de Diversidade de Simpson, substituindo a área ocupada da classe da paisagem pela área cultivada dos produtos agrícolas.

Devido a disponibilidade das informações das áreas plantadas ou destinadas à colheita (em

hectares) de soja e de café para os municípios, foi feito um confronto destas com as áreas das classes de uso e cobertura de soja e de café do MAPBIOMAS.

Para obtenção das áreas plantadas ou destinadas à colheita (em hectares) para a soja e o café no mosaico somou-se as áreas municipais dessas culturas. Enquanto a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) utiliza uma estrutura de entrevista aos produtores de determinada localidade, o projeto MAPBIOMAS utiliza a identificação das classes de uso e cobertura por meio de estruturas e padrões de cultivo destas determinadas classes via satélite (IBGE, 2018; MAPBIOMAS, 2022).

Variáveis	Descrição	Fonte de Dados	Número da Tabela
Área plantada ou destinada à colheita (Hectares)	Área plantada ou área destinada à colheita por município no ano de referência da pesquisa para 64 produtos agrícolas (31 de culturas temporárias e 33 de culturas permanentes).	IBGE - Produção Agrícola Municipal	5457
Valor da produção (em Mil Reais)	Valor de produção por município no ano de referência da pesquisa dos produtos agrícolas, com base no preço médio pago ao produtor.		5457

Figura 3- Variáveis utilizadas da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o período de 1988 e 2021.

Assim, esta comparação pode indicar a proximidade entre o mapeamento das classes e o identificado pelos produtores, sendo possível até a sugestão de uma metodologia de cálculo apoiada nas duas formas de registro. Ainda com estes dados, foi elaborado o indicador de valor de

produção por hectare plantado ou destinado à colheita para as culturas de soja e de café (Equação 1). Para obtenção dos Valores de Produção (em Mil Reais) para a soja e o café no mosaico somou-se os valores municipais de produção dessas culturas.

$$\text{Valor da Produção por Hectare}_i = \frac{\text{Valor da produção (em Mil Reais)}_i}{\text{Área plantada ou destinada à colheita (Hectares)}_i} \quad (1)$$

onde, o Valor da Produção em Mil Reais i ($i =$ Café ou Soja) representa o valor da produção para a cultura avaliada para o território em estudo; e a Área Plantada ou Destinada à Colheita em Hectares i ($i =$ Café ou Soja) indica a área da cultura avaliada em hectares destinada ao plantio ou à colheita na área de estudo.

A partir deste valor, foi criado o valor da pro-

dução estimado para áreas da classe de soja e de café com base na metodologia do MAPBIOMAS. Esta mensuração indicou o hiato financeiro entre as duas metodologias, de modo a indicar a diferença do método da Pesquisa Agrícola Municipal quando não observado a possibilidade de cruzamento destas informações com as ferramentas de espacialização (Equação 2).

$$\text{Valor da Produção Estimado por Área da Classe}_i = \text{Área da Classe}_i * \text{Valor da Produção por Hectare}_i \quad (2)$$

onde, Área da Classe (CA) $_i$ ($i = 1$ Café ou Soja) representa a área (em hectares) da Classe de Uso e Cobertura $_i$ da área de estudo; e o Valor da Produção por Hectare $_i$ ($i =$ Café ou Soja) informa o valor da produção por hectare da cultura avaliada do território em estudo.

Índice de Hemerobia Adaptado

Os Índices de Hemerobia consistem em medidores do nível de pressão antrópica sobre a paisagem (Walz & Stein, 2014; Lausch et al., 2015). Eles podem dimensionar a alta intensidade de uso da terra (alta hemerobia), principalmente em áreas urbanas e agrícolas, onde tais ações antropogênicas provocam e fixam padrões de vegetação e estrutura da paisagem tanto no espaço quanto no tempo (Walz & Stein, 2014; Lausch et al., 2015).

A construção do Índice de Hemerobia deste estudo foi desenvolvido com base no Índice

Hemerobiótico de Gusmão et al. 2021. Estes autores adaptaram a classificação de hemerobia de Walz & Stein (2014) para Alemanha e desenvolveram uma classificação a partir das classes de uso e cobertura do MAPBIOMAS para a Região Geográfica Imediata de Belém/PA (Gusmão et al., 2021). Este método consiste na qualificação da classe de uso e cobertura de acordo com o impacto humano que ela provoca na paisagem em um grau de 1 a 7 (Gusmão et al., 2021).

Com a escala e seus respectivos intervalos de classificação, é possível, então, calcular uma medida representativa das alterações e das pressões na estrutura e funcionamento da paisagem através da multiplicação do grau do impacto humano da classe de uso e cobertura pela sua dimensão territorial (Gusmão et al. 2021). O cálculo foi feito para os anos entre 1985 e 2021 e obedece a equação 3:

$$\text{Índice Hemerebiótico Adaptado (IHA)} = \frac{\text{Grau de Impacto}_1 \times \text{Área da Classe}_1 \text{ (em \%)} + \text{Grau de Impacto}_2 \times \text{Área da Classe}_2 \text{ (em \%)} + \dots + \text{Grau de Impacto}_n \times \text{Área da Classe}_n \text{ (em \%)}}{100} \quad (3)$$

onde, o Grau de Impacto i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) representa o grau do impacto humano provocado

pela Classe de Uso e Cobertura i na paisagem; e a Área da Classe i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) indica a proporção (%) da área da Classe de Uso e Cobertura i em relação a área da paisagem.

Ainda, foi calculado o Índice Hemerobiótico Ajustado. Nesta medida considerou a formulação do IHA considerando o peso da área ocupada pelo município no mosaico (Equação 4).

$$\text{Índice Hemerobiótico Ajustado (IHA}_j) = \frac{IHA_{Pirapora} * P\acute{a}rea_{Pirapora} + IHA_{Buritizeiro} * P\acute{a}rea_{Buritizeiro}}{100} \quad (4)$$

onde, o IHA i ($i = 1$ e 2) representa o Índice Hemerobiótico Adaptado do município; Párea i ($i = 1$ e 2) indica a proporção (%) da área da cidade em relação à área do mosaico.

Na figura 4 é apresentada a classificação de Gusmão et al. (2021). Nesta imagem ainda é

apresentada a reclassificação das classes hemerobióticas para a área de estudo. Isso ocorreu por observar características territoriais e de composição da paisagem distintas do padrão analisado para a região estudada de Belém/PA. Por isso, a nomenclatura Índice Hemerobiótico Adaptado.

Classificação Hemerobiótica de Gusmão et al. (2021) com base no Projeto MAPBIOMAS para a Região Geográfica Imediata de Belém/PA (1985-2018)					
Classe Hemerobiótica	Classe de uso e cobertura da terra	Impacto Humano	Grau de Impacto	Intervalo de Classificação	
Ahemeróbico		Quase Nulo		1	0----- 1
Oligohemeróbico	Formação Florestal (com exceção da plantada), apicum, mangue, formação vegetal não-florestal, corpos d' água, praia e duna	Fraco		2	1.1----- 2
Mesohereróbico	Pastagem, Floresta plantada e Mosaico de agricultura e pastagem	Moderado		3	2.1----- 3
β - Euhemeróbico	Agricultura (cultura semi-perene)	Moderadamente Forte		4	3.1----- 4
α - Euhemeróbico	Agricultura (cultura anual e perene)	Forte		5	4.1----- 5
Poli - Euhemeróbico	Mineração	Muito Forte		6	5.1----- 6
Meta - Euhemeróbico	Infraestrutura Urbana e Outras áreas não vegetadas	Excessivamente Forte		7	6.1----- 7
Adaptação da classificação para a área de estudo (1985 a 2021)					
Classe Hemerobiótica	Classe de uso e cobertura da terra	Impacto Humano	Grau de Impacto	Intervalo de Classificação	
Ahemeróbico		Quase Nulo		1	0.000----- 1.000
Oligohemeróbico	Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Campo Alagado e Área Pantanosa e Rio, Lago e Oceano	Fraco		2	1.001----- 2.000
Mesohereróbico	Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem	Moderado		3	2.001----- 3.000
β - Euhemeróbico	Silvicultura (monocultura)	Moderadamente Forte		4	3.001----- 4.000
α - Euhemeróbico	Outras Lavouras Temporárias, Soja e Cana	Forte		5	4.001----- 5.000
Poli - Euhemeróbico	Café, Citrus e Outras Lavouras Perenes	Muito Forte		6	5.001----- 6.000
Meta - Euhemeróbico	Área Urbanizada e Outras Áreas não Vegetadas	Excessivamente Forte		7	6.001----- 7.000

Figura 4 - Classificação hemerobiótica de Gusmão et. al (2021) para a Região Geográfica Imediata de Belém/PA e adaptação desta classificação para área de estudo com classes do MAPBIOMAS.

Para a reclassificação das classes hemerobióticas da área de estudo, foram utilizados dois métodos que se complementam: o crescimento (em %) médio anual da área da classe e a variação (em %) da área da classe por ano.

Ainda, houve a avaliação desses métodos em dois cortes de tempo diferentes: (i) após a inauguração do Terminal de Transbordo de Grãos da VLI (Valor da Logística Integrada) que forma o corte temporal de 2014 a 2021; e a (ii) até a instituição do Terminal Integrador da VLI que forma o corte temporal de 2006 a 2013 (Jesus & Pereira, 2020; VLI, 2022).

Essa divisão temporal foi imposta pela hipótese de que as infraestruturas que advieram nesse período pós-chegada do Terminal Integrador de Pirapora/MG podem estar influenciando a composição e a configuração das classes de uso e cobertura da paisagem avaliada.

O crescimento (em %) médio anual da área da classe consiste na média do crescimento da área da classe para os dois cortes temporais. Desta forma, essa quantificação específica o crescimento médio numa expectativa de fluxo desses crescimentos ano a ano conforme as equações 5 e 6.

$$\text{Crescimento (em \%)\médio anual da área da classe}_i = M\acute{E}DIA_{[2014-2021]} = \frac{\left\{ \left[\frac{\text{Área da Classe}_{2015} (CA) - \text{Área da Classe}_{2014} (CA)}{\text{Área da Classe}_{2014} (CA)} \right] \times 100 \right\} + \dots + \left\{ \left[\frac{\text{Área da Classe}_{2021} (CA) - \text{Área da Classe}_{2020} (CA)}{\text{Área da Classe}_{2020} (CA)} \right] \times 100 \right\}}{2021-2014} \quad (5)$$

$$\text{Crescimento (em \%)} \text{ médio anual da área da classe}_i = \text{MÉDIA}_{[2006-2013]} = \frac{\left\{ \left(\frac{\text{Área da Classe}_{2007} (CA) - \text{Área da Classe}_{2006} (CA)}{\text{Área da Classe}_{2006} (CA)} \right) \times 100 \right\} + \dots + \left\{ \left(\frac{\text{Área da Classe}_{2013} (CA) - \text{Área da Classe}_{2012} (CA)}{\text{Área da Classe}_{2012} (CA)} \right) \times 100 \right\}}{2013 - 2006} \quad (6)$$

onde, a Área da Classe (CA) i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) representa a área (em hectares) da Classe de Uso e Cobertura i no ano avaliado.

A variação (em %) da área da classe por ano mede a diferença no tamanho da área da classe entre os anos limites de cada corte temporal,

$$\text{Variação (em \%)} \text{ da área da classe}_i \text{ por ano} = \frac{[\text{Área da Classe}_{2021} (CA) - \text{Área da Classe}_{2014} (CA)] \times 100}{\text{Área da Classe}_{2014} (CA)} \quad (7)$$

$$\text{Variação (em \%)} \text{ da área da classe}_i \text{ por ano} = \frac{[\text{Área da Classe}_{2013} (CA) - \text{Área da Classe}_{2006} (CA)] \times 100}{\text{Área da Classe}_{2006} (CA)} \quad (8)$$

onde, a Área da Classe (CA) i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) representa a área (em hectares) da Classe de Uso e Cobertura i no ano avaliado.

Com estes dois métodos foram identificadas as classes de uso e cobertura com as maiores taxas de crescimento e variações de áreas e através destas informações foi realizada a reclassificação

demarcando esta alteração pela quantidade de anos do período. Neste sentido, essa métrica especifica a variação do tamanho da classe por ano numa percepção mais estática dessa alteração no tempo (Equações 7 e 8).

das classes em relação ao seu impacto na paisagem da área de estudo nos últimos anos. Ainda com os valores do Índice Hemerobiótico Adaptado para o período analisado foram avaliadas as correlações deste com os valores de algumas variáveis econômicas e métricas da paisagem (Figura 5).

Variáveis	Descrição	Fonte de Dados	Número da Tabela
PIBTOTAL	Produto Interno Bruto a preços correntes (Mil Reais)	IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA	5938
PIBIND	Valor adicionado bruto a preços correntes da indústria (Mil Reais)		5938
PIBSERV	Valor adicionado bruto a preços correntes dos serviços, exclusive administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social (Mil Reais)		5938
PIBADM	Valor adicionado bruto a preços correntes da administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social (Mil Reais)		5938
PIBAGRO	Valor adicionado bruto a preços correntes da agropecuária (Mil Reais)		5938
PIBTRIB	Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes (Mil Reais)		5938
IPCA	Inflação do conjunto de produtos e serviços comercializados no varejo, referentes ao consumo pessoal das famílias, cujo rendimento varia entre 1 e 40 salários mínimos, qualquer que seja a fonte de rendimentos.	IBGE - Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor (SNIPC)	1737

Figura 5 - Variáveis econômicas utilizadas na estimação da correlação.

O método de correlação foi o de Pearson. A estimação destas correlações foi dividida em dois conjuntos de dados.

Essa divisão foi realizada com foco na disponibilidade dos registros das variáveis no corte temporal entre 1985 a 2021. A primeira base de informações foi constituída pelas variáveis Índice Hemerobiótico Adaptado, SHDI, SIDI e Diversidade Agrícola (SIDI_DA) e o seu corte temporal é de 1988 a 2021.

A segunda base de dados foi composta das variáveis anteriores com a inclusão das variáveis:

Produto Interno Bruto a preços correntes, Valor Adicionado da Indústria, Valor Adicionado dos Serviços (exclusive administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social), Valor Adicionado da Administração, Defesa, Educação e Saúde Públicas e Seguridade Social, Valor Adicionado da Agropecuária, Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes e o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) (IBGE, 2022b, c). Os dados estavam circunscritos no período entre 2002 e 2019. Para este, ainda, foi regredido o Valor do

Produto Interno a partir do Índice Hemerobiótico Adaptado, no sentido de entender a relação entre

a antropização do Cerrado e o crescimento econômico proporcionado.

RESULTADOS

Análise descritiva

A tabela 1 mostra as transições de uso, antes mais suscetíveis às outras lavouras temporárias e silvicultura, para as classes de outras lavouras perenes, de soja e de citrus, indicando algumas

das transformações produtivas em relação ao uso da terra no mosaico após a implantação do Terminal de Transbordo de Grãos da VLI em Pirapora/MG e as mudanças infra estruturais ocorridas no território analisado.

Tabela 1 - Crescimento (em %) médio anual da área da classe e variação (em %) da área da classe por ano para as classes de uso e cobertura do solo da área de estudo.

Classes de Uso e Cobertura	Antes do Porto Seco (Terminal Integrador) [2006-2013]		Após do Porto Seco (Terminal Integrador) [2014-2021]	
	Crescimento Médio Anual	Variação Média Anual	Crescimento Médio Anual	Variação Média Anual
Pastagem	0,39	0,35	-0,97	-1,06
Formação Campestre	-1,30	-1,26	-0,91	-0,95
Rio, Lago e Oceano	-1,43	-1,41	-0,75	-0,76
Formação Savânica	-1,05	-1,02	-0,43	-0,44
Formação Florestal	-0,93	-0,91	-0,20	-0,20
Campo Alagado e Área Pantanosa	1,06	1,09	-0,05	-0,08
Mosaico de Agricultura e Pastagem	-1,00	-1,00	0,49	0,49
Silvicultura (monocultura)	9,96	11,53	0,60	0,60
Outras Áreas não Vegetadas	-3,05	-2,89	1,53	1,29
Área Urbanizada	1,33	1,38	1,70	1,78
Outras Lavouras Temporárias	27,35	18,96	5,73	-2,64
Café	7,74	9,23	6,93	7,92
Soja	1,47	0,21	8,85	10,63
Citrus	-21,77	-12,69	29,39	57,71
Outras Lavouras Perenes	30,43	12,37	43,72	99,14

Os dados revelaram que no período de 2006 a 2013 as classes de Outras Lavouras Temporárias (18,96% ao ano), Outras Lavouras Perenes (12,37% ao ano), Silvicultura (11,53% ao ano) e Café (9,23% ao ano) foram as que mais avançaram territorialmente a cada ano. No entanto, no corte temporal de 2014 a 2021, as classes que mais cresceram em termos de área a cada ano foram Outras Lavouras Perenes (99,14% ao ano), Citrus (57,71% ao ano), Soja (10,63% ao ano) e Café (7,92%). Inclusive, a classe de uso Citrus (-12,69% ao ano) no período anterior estava decrescendo a cada ano.

Algumas inversões também podem ser apontadas com a tabela, a saber: (i) o decréscimo da área de Pastagem (-1,06) entre 2014 e 2021, no período anterior a classe estava ampliando 0,35% a cada ano; (ii) o crescimento das Outras Áreas não Vegetadas (1,29% ao ano) entre 2014 e 2021, no período anterior a classe estava decaindo 2,89% a cada ano; e (iii) o crescimento da classe de Mosaico de Agricultura e Pastagem, que no período anterior estava decrescendo 1% a cada ano.

As classes de cobertura do solo (Formação

Campestre, Formação Savânica, Formação Florestal, Campo Alagado e Área Pantanosa) tiveram suas áreas decrescidas nos dois períodos, evidenciando que parte destas mudanças tem ocorrido à custa das áreas antes ocupadas pela vegetação nativa.

A tabela 2 apresenta algumas tendências com base nas métricas de paisagem. Enquanto que a quantidade de classes mantém-se estável no período analisado e igual a 15 classes de uso e cobertura da terra, o nível de fragmentação (SIDI) e a heterogeneidade (SHDI) da paisagem se ampliaram durante estes 36 anos. O SHDI elevou de 1,67 em 1985 para 1,89 em 2021 e o SIDI aumentou de 0,74 em 1985 para 0,80 em 2021. A diversidade agrícola reduziu de 0,82 em 1988 para 0,54 em 2021, tendo uma queda bem acentuada na mudança de 2020 para 2021 quando se equiparava a 0,64.

PAM versus MAPBIOMAS

A tabela 3 compara as metodologias de estimativa das áreas de cultivo da soja e do café da PAM e do MAPBIOMAS.

Enquanto que os dados da PAM mostram um comportamento em “U” na área destinada a plan-

Tabela 2 - Número de Classes (PR), Índice de Diversidade de Shannon (SHDI), Índice de Diversidade de Simpson (SIDI), Diversidade Agrícola (SIDI_DA) para a área de estudo entre os anos de 1985 a 2021.

Ano	PR	SHDI	SIDI	SIDI (F_DA)	Ano	PR	SHDI	SIDI	SIDI (F_DA)
1985	15	1,67	0,74	-	2004	15	1,77	0,77	0,64
1986	15	1,67	0,74	-	2005	15	1,78	0,77	0,49
1987	15	1,66	0,74	-	2006	15	1,78	0,77	0,52
1988	15	1,65	0,74	0,82	2007	15	1,78	0,77	0,58
1989	15	1,66	0,74	0,80	2008	15	1,81	0,78	0,55
1990	15	1,67	0,74	0,81	2009	15	1,81	0,78	0,53
1991	15	1,71	0,75	0,79	2010	15	1,82	0,78	0,53
1992	14	1,72	0,76	0,80	2011	15	1,83	0,79	0,60
1993	14	1,72	0,76	0,77	2012	15	1,84	0,79	0,63
1994	14	1,72	0,76	0,78	2013	15	1,84	0,79	0,61
1995	14	1,72	0,76	0,77	2014	15	1,84	0,79	0,62
1996	14	1,72	0,76	0,73	2015	16	1,84	0,79	0,61
1997	14	1,73	0,76	0,81	2016	16	1,84	0,79	0,61
1998	14	1,73	0,76	0,79	2017	16	1,85	0,79	0,61
1999	15	1,73	0,76	0,79	2018	16	1,86	0,79	0,59
2000	15	1,73	0,76	0,79	2019	15	1,86	0,79	0,61
2001	15	1,74	0,76	0,78	2020	15	1,88	0,80	0,65
2002	15	1,74	0,77	0,77	2021	15	1,89	0,80	0,54
2003	15	1,75	0,77	0,52					

Tabela 3 - Áreas plantadas ou destinadas à colheita (PAM) para a soja e o café e áreas da classe de uso e cobertura de soja e de café do MAPBIOMAS da área de estudo entre os anos de 2006 e de 2021.

Ano	Área Plantada ou Destinada à Colheita de Soja (ha) - (PAM)	Área da Classe de Soja (em ha) MAPBIOMAS	Dif. [Área da Classe - Área Plantada]	Área Plantada ou Destinada a Colheita de Café (ha) - (PAM)	Área da Classe de Café (em ha) MAPBIOMAS	Dif. [Área da Classe - Área Plantada]
2006	24.000,00	14.956,48	-9.043,52	1.040,00	368,40	-671,60
2007	18.680,00	16.408,68	-2.271,32	2.080,00	410,51	-1.669,49
2008	18.680,00	15.602,91	-3.077,09	1.440,00	398,90	-1.041,10
2009	16.000,00	11.771,86	-4.228,14	1.280,00	403,23	-876,77
2010	16.000,00	15.594,51	-405,49	1.280,00	400,11	-879,89
2011	14.500,00	14.476,22	-23,78	1.552,00	438,67	-1.113,33
2012	14.000,00	14.862,21	862,21	1.552,00	485,28	-1.066,72
2013	15.000,00	15.174,12	174,12	1.552,00	606,49	-945,51
2014	14.000,00	15.179,15	1.179,15	1.510,00	923,60	-586,40
2015	14.000,00	13.929,42	-70,58	1.500,00	1.177,90	-322,10
2016	16.000,00	17.890,95	1.890,95	1.630,00	1.363,40	-266,60
2017	18.424,00	18.915,14	491,14	2.522,00	1.399,27	-1.122,73
2018	19.041,00	20.684,72	1.643,72	2.640,00	1.408,62	-1.231,38
2019	21.059,00	25.004,86	3.945,86	1.760,00	1.432,54	-327,46
2020	19.546,00	25.405,40	5.859,40	2.342,00	1.456,71	-885,29
2021	22.500,00	26.472,75	3.972,75	2.060,00	1.435,57	-624,43

tação de soja, caindo de 24.000 hectares em 2006 para 14.000 hectares em 2014, e, novamente, ampliando para 22.500 hectares em 2021, as informações de áreas cultivadas de soja do MAPBIOMAS indicam uma trajetória mais acidentada em relação ao comportamento destas áreas, ampliando de 14.956,48 hectares em 2006 para 26.472,75 hectares em 2021, este incremento supera, aproximadamente, em 77% o valor de 2006.

Outra verificação foi na estimação das dife-

renças das áreas para a soja entre os dois métodos. Ao passo que, no período de 2006 a 2011, as estimativas da PAM superaram as do MAPBIOMAS, no período de 2012 a 2021 houve a inversão, exceto no ano de 2015. Ou seja, neste último período, as áreas da classe de soja superaram as medições das áreas plantadas ou destinadas à colheita de soja pela PAM, com tendência a ampliação dos hiatos destas estimativas.

Para o café, os dados mostram que todas as estimativas de área da PAM excederam as áreas

registradas pelo MAPBIOMAS.

Por exemplo, em 2007 e em 2018, estas diferenças foram representativas e iguais a 1.669,49 hectares e a 1.231,38 hectares, respectivamente.

Os dados da tabela 04 demonstram o distanciamento das metodologias quando transformado em diferenças monetárias. Logo, esta tabela é reflexo da tabela 03.

Tabela 4 - Valor da produção em Mil Reais (PAM) para a soja e o café e valor da produção estimado para as áreas da classe de uso e cobertura de soja e de café do MAPBIOMAS da área de estudo entre os anos de 2006 e de 2021.

Ano	Soja			Café		
	VP (em Mil Reais) (PAM)	VP estimado (em Mil Reais) com base na área da classe - (MAPBIOMAS)	Dif. [VP estimado (em Mil Reais) - VP (em Mil Reais)] (em Mil Reais)	VP (em Mil Reais) - (PAM)	VP estimado (em Mil Reais) com base na área da classe - (MAPBIOMAS)	Dif. [VP estimado (em Mil Reais) - VP (em Mil Reais)] (em Mil Reais)
2006	24.658,00	15.366,53	-9.291,47	16.848,00	5.968,10	-10.879,90
2007	19.192,00	16.858,43	-2.333,57	21.600,00	4.262,98	-17.337,02
2008	40.320,00	33.678,23	-6.641,77	24.019,00	6.653,59	-17.365,41
2009	34.362,00	25.281,55	-9.080,45	20.736,00	6.532,35	-14.203,65
2010	29.680,00	28.927,81	-752,19	20.160,00	6.301,77	-13.858,23
2011	26.796,00	26.752,05	-43,95	41.533,00	11.739,18	-29.793,82
2012	24.461,00	25.967,46	1.506,46	40.282,00	12.595,43	-27.686,57
2013	50.925,00	51.516,14	591,14	27.410,00	10.711,33	-16.698,67
2014	37.164,00	40.294,12	3.130,12	41.076,00	25.124,45	-15.951,55
2015	35.000,00	34.823,55	-176,45	23.796,00	18.686,16	-5.109,84
2016	63.225,00	70.697,21	7.472,21	30.371,00	25.403,52	-4.967,48
2017	71.812,00	73.726,36	1.914,36	39.765,00	22.062,59	-17.702,41
2018	76.028,00	82.591,14	6.563,14	42.525,00	22.690,06	-19.834,94
2019	89.501,00	106.270,95	16.769,95	34.224,00	27.856,34	-6.367,66
2020	88.529,00	115.067,79	26.538,79	61.186,00	38.057,34	-23.128,66
2021	204.502,00	240.610,20	36.108,20	83.882,00	58.455,57	-25.426,43

Considerando os dados da PAM dos anos de 2006 e de 2021, onde as áreas eram iguais à 24.000 hectares e 22.500 hectares, respectivamente, pode-se dizer que os aumentos de receitas segundo a metodologia ocorreram via aumento preço, haja vista que o tamanho da área plantada ou destinada à colheita de soja pouco se alterou no período analisado, diferentemente da metodologia do MAPBIOMAS que indica aumento de receita via preço e área.

O valor de produção passou de 24,7 milhões de reais em 2006 para quase 205 milhões de reais em 2021.

Para avaliar o aumento real da receita é necessário recalcular os valores considerando o impacto da inflação nos valores de produção, pois esses valores estão calculados a preços correntes. Quando observado o valor de produção do café da PAM e o estimado com base na área da classe do MAPBIOMAS, as diferenças ficam também representativas. Somente nos anos de 2015, de 2016 e de 2019 as diferenças ficaram abaixo dos 10 milhões de reais.

Ajustado (IHAj)

Os dados da tabela 5 apontam para o crescimento dos valores do IHA. O índice era 2,461 em 1985 e passou para 2,737 em 2021. Com esta

informação, observa-se um impacto humano moderado sobre a paisagem ao longo do tempo. Quando observado a nível municipal, enquanto Buritizeiro/MG mantém o índice dentro da classificação de impacto humano moderado, entre 2,437 em 1985 e 2,716 em 2021, Pirapora/MG muda sua classificação de impacto humano moderado (2,773) em 1985 para impacto humano moderadamente forte (3,004) em 2021.

Os resultados do IHAj foram semelhantes ao IHA. Porém, mostra a importância da dimensão territorial sobre o valor do IHA. A cidade de Buritizeiro/MG representa 92,9% da área do mosaico e seu peso sobre o território reflete na proximidade do seu IHA com o valor encontrado para a paisagem. Por exemplo, o valor do IHA da cidade era 2,716 em 2021 e o IHA do mosaico era de 2,737 em 2021, valores bem próximos. Deste modo, a influência do tamanho de Buritizeiro/MG sobre o IHA do mosaico é relevante. A tabela 6 expõe as correlações de Pearson entre as variáveis IHA, SHDI, SIDI e SIDI_DA, considerando o horizonte temporal de 1988 a 2021. Verifica-se que o IHA se associa positivamente com o SIDI (0,989) e com o SHDI (0,983), e negativamente com o SIDI_DA (-0,691). Os dados ainda mostram correlações negativas entre

Tabela 5 - Índice Hemerobiótico Adaptado (IHA) e Índice Hemerobiótico Ajustado (IHAj) para a área de estudo entre os anos de 1985 a 2021.

Ano	Pirapora/MG		Buritizeiro/MG		IHA – Ajustado	IHA
	IHA	Peso da Área	IHA	Peso da Área		
1985	2,773	7,1%	2,437	92,9%	2,461	2,461
1986	2,744	7,1%	2,436	92,9%	2,458	2,458
1987	2,755	7,1%	2,432	92,9%	2,455	2,455
1988	2,757	7,1%	2,427	92,9%	2,450	2,451
1989	2,758	7,1%	2,432	92,9%	2,455	2,455
1990	2,763	7,1%	2,448	92,9%	2,470	2,470
1991	2,766	7,1%	2,497	92,9%	2,516	2,516
1992	2,772	7,1%	2,517	92,9%	2,535	2,536
1993	2,769	7,1%	2,528	92,9%	2,545	2,545
1994	2,773	7,1%	2,533	92,9%	2,550	2,550
1995	2,770	7,1%	2,530	92,9%	2,547	2,547
1996	2,764	7,1%	2,526	92,9%	2,543	2,543
1997	2,761	7,1%	2,528	92,9%	2,544	2,545
1998	2,767	7,1%	2,532	92,9%	2,549	2,549
1999	2,767	7,1%	2,534	92,9%	2,551	2,551
2000	2,765	7,1%	2,539	92,9%	2,555	2,555
2001	2,772	7,1%	2,539	92,9%	2,555	2,555
2002	2,773	7,1%	2,539	92,9%	2,556	2,556
2003	2,789	7,1%	2,538	92,9%	2,556	2,556
2004	2,792	7,1%	2,556	92,9%	2,573	2,573
2005	2,794	7,1%	2,564	92,9%	2,580	2,581
2006	2,797	7,1%	2,572	92,9%	2,588	2,588
2007	2,799	7,1%	2,574	92,9%	2,590	2,590
2008	2,814	7,1%	2,609	92,9%	2,624	2,624
2009	2,833	7,1%	2,593	92,9%	2,610	2,610
2010	2,846	7,1%	2,609	92,9%	2,626	2,626
2011	2,879	7,1%	2,623	92,9%	2,641	2,641
2012	2,896	7,1%	2,639	92,9%	2,657	2,658
2013	2,918	7,1%	2,650	92,9%	2,669	2,669
2014	2,931	7,1%	2,657	92,9%	2,676	2,676
2015	2,943	7,1%	2,657	92,9%	2,677	2,678
2016	2,948	7,1%	2,655	92,9%	2,676	2,676
2017	2,954	7,1%	2,653	92,9%	2,674	2,675
2018	2,962	7,1%	2,663	92,9%	2,684	2,684
2019	2,980	7,1%	2,679	92,9%	2,701	2,701
2020	2,984	7,1%	2,692	92,9%	2,713	2,713
2021	3,004	7,1%	2,716	92,9%	2,737	2,737

Tabela 6 - Correlações de Pearson entre as variáveis IHA, SHDI, SIDI e SIDI_DA – 1988 a 2021.

Variables		IHA	SIDI	SHDI	SIDI_DA
IHA	Pearson Correlation	1	0,989**	0,983**	-0,691**
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000
	N	34	34	34	34
SIDI	Pearson Correlation	0,989**	1	0,986**	-0,762**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	0,000
	N	34	34	34	34
SHDI	Pearson Correlation	0,983**	0,986**	1	-0,734**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000		0,000
	N	34	34	34	34
SIDI_DA	Pearson Correlation	-0,691**	-0,762**	-0,734**	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	
	N	34	34	34	34

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

o SIDI e o SIDI_DA (-0,762) e o SHDI e o SIDI_DA (-0,734). Todas as correlações foram significativas a níveis de 1%.

A tabela 7 exibe as correlações de Pearson, incluindo as variáveis econômicas com o conjunto de métricas anteriores – 2002 a 2019. O IHA se

associou positivamente com o PIBTOTr (0,864), o PIBSERVr (0,969), o PIBADM (0,979), o PIBAGROr (0,630), e o PIBTRIBr (0,560).

A fragmentação (SIDI) e a heterogeneidade (SHDI), também, relacionaram-se positivamente, e de forma significativa, com estas variáveis.

Tabela 7 - Correlações de Pearson com as variáveis da paisagem e as variáveis econômicas – 2002 a 2019. (Os valores do PIBTOT, do PIBIND, do PIBSERV, do PIBADM, do PIBAGR, e o PIBTRIB foram deflacionados aos preços de 2002).

Variables		IHA	SHDI	SIDI	SIDI_DA	IPCA	PIBTOTr	PIBINDr	PIBSERVr	PIBADM	PIBAGROr	PIBTRIBr
IHA	Pcor	1	0,979**	0,954**	0,113	-0,349	0,864**	0,267	0,969**	0,979**	0,630**	0,560*
	Sig.		0,000	0,000	0,655	0,156	0,000	0,284	0,000	0,000	0,005	0,016
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
SHDI	Pcor	0,979**	1	0,945**	-0,007	-0,460	0,891**	0,343	0,938**	0,962**	0,672**	0,607**
	Sig.	0,000		0,000	0,978	0,055	0,000	0,163	0,000	0,000	0,002	0,008
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
SIDI	Pcor	0,954**	0,945**	1	0,184	-0,219	0,829**	0,245	0,957**	0,970**	0,589*	0,474*
	Sig.	0,000	0,000		0,464	0,384	0,000	0,326	0,000	0,000	0,010	0,047
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
SIDI_DA	Pcor	0,113	-0,007	0,184	1	0,516*	0,009	-0,119	0,182	0,119	-0,221	-0,108
	Sig.	0,655	0,978	0,464		0,028	0,972	0,639	0,470	0,638	0,377	0,669
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
IPCA	Pcor	-0,349	-0,460	-0,219	0,516*	1	-0,500*	-0,503*	-0,213	-0,273	-0,559*	-0,573*
	Sig.	0,156	0,055	0,384	0,028		0,035	0,033	0,397	0,274	0,016	0,013
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PIBTOTr	Pcor	0,864**	0,891**	0,829**	0,009	-0,500*	1	0,693**	0,839**	0,814**	0,714**	0,820**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,972	0,035		0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PIBINDr	Pcor	0,267	0,343	0,245	-0,119	-0,503*	0,693**	1	0,217	0,171	0,463	0,727**
	Sig.	0,284	0,163	0,326	0,639	0,033	0,001		0,388	0,497	0,053	0,001
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PIBSERVr	Pcor	0,969**	0,938**	0,957**	0,182	-0,213	0,839**	0,217	1	0,971**	0,525*	0,528*
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,470	0,397	0,000	0,388		0,000	0,025	0,024
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PIBADM	Pcor	0,979**	0,962**	0,970**	0,119	-0,273	0,814**	0,171	0,971**	1	0,626**	0,460
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,638	0,274	0,000	0,497	0,000		0,005	0,055
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PIBAGROr	Pcor	0,630**	0,672**	0,589*	-0,221	-0,559*	0,714**	0,463	0,525*	0,626**	1	0,473*
	Sig.	0,005	0,002	0,010	0,377	0,016	0,001	0,053	0,025	0,005		0,048
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
PIBTRIBr	Pcor	0,560*	0,607**	0,474*	-0,108	-0,573*	0,820**	0,727**	0,528*	0,460	0,473*	1
	Sig.	0,016	0,008	0,047	0,669	0,013	0,000	0,001	0,024	0,055	0,048	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed), * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Todas estas correlações foram significativas aos níveis de 1% ou de 5%.

Outro resultado interessante foi a associação positiva entre a variável IPCA e a diversidade agrícola (SIDI_DA), e igual a 0,516. Esta variável, ainda, associou-se negativamente com as variáveis econômicas PIBTOTr (-0,500), PIBINDr (-0,503), PIBAGROr (-0,559), e PIBTRIBr (-0,573). Todas estas correlações foram significativas a nível de 5%. Cabe destacar, que diferentemente do verificado para as correlações do primeiro conjunto de dados, no segundo conjunto de relações, com o corte temporal reduzido e mais atual, não foi verificada correlação signi-

ficativa entre IHA e SIDI_DA.

Com as correlações, pode-se verificar associações significativas entre o produto interno bruto e as métricas de paisagem. A partir destas informações, foi estimado um modelo regressivo linear para duas variáveis, Produto Interno Bruto (variável dependente) e o IHA (variável explicativa), haja visto o número de observações (tabela 08). O modelo apresentou-se bem especificado e estimado. O coeficiente é estatisticamente significativo, a tabela ANOVA indica significância global, apesar do teste F ser dispensável em casos de modelos lineares de única variável explicativa (Gujarati & Porter, 2011).

Tabela 8. Regressão linear entre o Produto Interno Bruto (Dependente) e o Índice Hemerobiótico Adaptado.

Model Summary ^b										
Mod	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	0,870 ^a	0,758	0,743	0,09716	0,758	50,042	1	16	0,000	1,684
ANOVA										
	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.				
1	Regression	0,472	1	0,472	50,042	0,000 ^b				
	Residual	0,151	16	0,009						
	Total	0,623	17							
Coefficients ^a										
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B			
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound		Upper Bound	
1	Constant	4,751	1,245		3,818	0,002	2,113		7,389	
	lnIHA	9,100	1,286	0,870	7,074	0,000	6,373		11,827	

a. Dependent Variable: lnPIBT, b. Predictors (Constant): lnIHA;

Para o modelo, pode-se garantir que os resíduos obedecem às premissas de normalidade e de homocedasticidade. As variáveis foram transformadas em logaritmos naturais, especialmente o Produto Interno Bruto, onde a modificação permite a suavização das diferenças entre os

valores ao longo do tempo. Os dados indicam que a hemerobia explica 74,3% das variações do produto interno. A partir dos coeficientes, espera-se que o aumento de 1% no índice de hemerobia implique em variação de 9.1% no PIB gerado pela área de estudo.

DISCUSSÃO

Pressões antrópicas sobre o Cerrado

A tabela 1 informou as principais transformações em termos das classes de uso e cobertura da terra que mais têm pressionado a paisagem nos últimos anos. Estas mudanças podem ser resultantes da macroeconomia vivenciada nos últimos anos e dos investimentos infra estruturais no Norte de Minas. Pois, o cenário brasileiro de crise econômica, câmbio desvalorizado (Espíndola & Cunha, 2022; Cunha, 2022) e as infraestruturas regionais voltadas para logística de transportes (Minas Gerais, 2018) e para ampliação da base energética solar (Oliveira et al., 2021) estariam avigorando o desenvolvimento das culturas de fácil exportação, como o verificado para Outras Lavouras Perenes, Citrus, Soja e Café, indo ao encontro do questionamento de como os investimentos estão reforçando este panorama.

A implicação provável destas transformações é a maior fragmentação do território e a intensificação do uso da terra, reflexo do avanço de classes de uso e cobertura sobre o território de forte impacto humano na paisagem. Isto coloca em risco a sustentabilidade territorial a longo prazo e ameaça os serviços ecossistêmicos oferecidos pelo Cerrado da região, respondendo assim a primeira indagação contida na introdução.

A tabela 2 trouxe outro aspecto negativo que se soma às possíveis ameaças aos serviços

ecossistêmicos do bioma, no caso, a redução da diversidade agrícola. É necessário pensar numa gestão local da paisagem que: (i) influencie na inversão desta redução, principalmente, por ser uma área extensa; (ii) estimule as atividades econômicas menos agressivas e com base na agricultura familiar (Baccarin & Oliveira, 2021); e (iii) preserve os produtos característicos do Cerrado, como, por exemplo, o pequi e o araticum.

Métodos de estimação: PAM x MAPBIOMAS

Os dados da tabela 03 sugeriram três hipóteses em relação a estes dois métodos de estimação. A primeira é que enquanto a PAM capta as expectativas do produtor em relação ao plantio de determinado cultivo, o MAPBIOMAS registra e estima as áreas cultivadas que foram efetivamente realizadas. No entanto, quando se compara as tabelas da PAM, por exemplo, das áreas plantadas ou destinadas à colheita de soja e de café com as áreas colhidas destas culturas, os valores são idênticos.

A segunda hipótese sugere que essas diferenças podem representar a evolução tecnológica do MAPBIOMAS no processo de identificação e especificação das culturas na paisagem, justificando essas diferenças representativas nas estimações das áreas. Por fim, a terceira hipótese advoga que esse distanciamento pode ser resultado da superestimação (ou subestimação) dos

produtores em relação a área plantada ou destinada à colheita dos cultivares analisados. Eles podem ter tido técnicas de cálculo de áreas rudimentares, repassando informações imprecisas no momento da entrevista realizada pela PAM.

Independentemente das hipóteses, o confronto de dados mostra a necessidade de criação de metodologias que complementem a percepção do produtor com os Sistemas de Informação Geográfica. Pois, quando colocado em termos monetários, considerando a dimensão territorial, essas diferenças podem provocar distorções significativas (sub/superestimação), nos agregados financeiros, como no próprio valor da produção e no PIB, por exemplo. Outro reflexo é na estimação dos impostos coletados no setor agropecuário. Estimações de área mais exatas podem gerar melhor acompanhamento das instâncias de fiscalização e menor propensão a sonegação de impostos (Regazzini & Bacha, 2012).

Hemerobia na área de estudo

A discussão contida neste item vai em direção às respostas para os questionamentos sobre as possibilidades de atuação das Políticas Públicas e ações sustentáveis para inverter a trajetória de redução dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade do Cerrado Norte Mineiro no longo prazo, de modo a pensar e estimular o planejamento territorial na região.

Os dados da Tabela 05 mostraram a evolução positiva dos valores do IHA ao longo do tempo. Este resultado também foi semelhante ao encontrado por Gusmão et al. (2021) para sua área de estudo. Estes valores podem sugerir duas principais percepções. A primeira, para Pirapora/MG, na qual a classificação do impacto humano sobre a paisagem mudou, pode-se esperar que as transformações no uso da terra potencializem ainda mais o impacto humano sobre a paisagem do município. Logo, o perfil industrial e urbano, e sua menor dimensão territorial, gerariam disputas acirradas em relação ao uso da terra e elevações nos preços das terras (Harbs & Bacha 2022), caso este contexto fosse reforçado no futuro.

Segundo, as pressões antrópicas sobre a paisagem de Buritizeiro/MG. A dimensão territorial do município e a intensificação de usos de classes voltadas para possível exportação representa a possibilidade de discussão de um *tradeoff* em breve, isto é: a definição de um planejamento territorial, com definição de políticas ambientais e econômicas em prol da conservação do Bioma e melhor gestão da paisagem, ou, a manutenção

dessas pressões antrópicas sobre a paisagem, refletindo em déficits da vegetação nativa e em redução dos serviços ecossistêmicos (Moraes et al., 2017; Freitas et al., 2017).

As correlações evidenciam alguns pontos para reflexão. A relação inversa entre diversidade agrícola e o índice hemerobiótico. Ou seja, além do aumento da pressão antrópica sobre a paisagem, as mudanças no uso da terra e cobertura estariam influenciando negativamente, na perspectiva de longo prazo, a diversidade agrícola. Logo, a consolidação de culturas com vocação à exportação (e.g. soja, milho, café e citrus) na paisagem estariam “expulsando” do mosaico culturas menos lucrativas, e provavelmente, tradicionais e voltadas para o atendimento da demanda interna, para se instalar grandes manchas (ou latifúndios) de monocultivo.

Para isto, uma estratégia municipal interessante seria a implementação de incentivos à geração de sistemas agroflorestais na área de estudo, principalmente, nas áreas fronteiriças às de Formação Savânica (34,01% em 2021) e de Formação Campestre (7,81% em 2021), onde a vegetação mais esparsa poderia ser protegida com a ocupação sustentável de culturas agrícolas mais tradicionais, diversificadas e voltadas para o atendimento da demanda interna (Padovezi et al., 2022). Estes sistemas poderiam ser geridos pelos produtores locais e teriam como proposta, em conjunto com as secretarias municipais de meio ambiente e a sociedade civil, promover ações agroecológicas educativas para as escolas e para associações de bairros e seus moradores (Padovezi et al., 2022).

A relação positiva entre a fragmentação do território e a pressão antrópica (IHA). Esta associação comprova a expectativa teórica que um dos resultados do uso intensivo da paisagem é a fragmentação desse espaço (Lausch et al., 2015). Provavelmente, esta segmentação do mosaico estaria ocorrendo à custa da redução das áreas das classes de vegetação natural (ver tabela 01), e conseqüentemente, da deterioração dos serviços ecossistêmicos.

A nível local, o desenvolvimento de uma política de restauração da paisagem e das formações florestais poderia ser utilizada para mitigar e inverter esse processo de intensa fragmentação da paisagem, que segundo essa associação com IHA, tem representado ampliação das pressões sobre a vegetação nativa do bioma. Para exemplificar essa preocupação no mosaico, em 2021 a

classe de Formação Florestal representava somente 4,27% de todo território.

Esta estratégia de gestão poderia significar os incentivos necessários para ampliar a resiliência deste ecossistema perante os avanços destas culturas de fácil exportação (Neves et al., 2014; Bustamante et al., 2019; Chazdon et al., 2022; Padovezi et al., 2022). Inclusive, as criações de programas de financiamento municipal e de pagamentos de impostos para compensação ambiental pelos grandes agentes de degradação da vegetação nativa poderiam subsidiar essas ações de restauração da paisagem, produzindo uma governança decisória mais regional e inovadora para priorização destas áreas (Neves et al., 2014; Bustamante et al., 2019; Chazdon et al., 2022; Padovezi et al., 2022).

A relação positiva entre o índice hemerobiótico e as variáveis econômicas que representam o crescimento econômico (Produto Interno Bruto). Estas associações significativas indicam a necessidade de revisitar o *tradeoff* entre conservação do meio ambiente e desenvolvimento econômico (Martine & Alves, 2015).

Por acreditar que existe uma gama de fatores que influenciam o PIB (Proxy de crescimento econômico), sendo esta dinâmica complexa, o índice hemerobiótico mostrou ter uma relação direta significativa com o crescimento econômico da área de estudo, isto é, maior antropização, maior a geração de produto – ver tabela 08. Cabe endossar que esta relação é endógena, uma vez que o contrário também pode ser verdade. Porém, a premissa aqui é que para gerar produto, primeiro tem-se que utilizar a base de fatores produtivos, sendo justificável a estimação desse modelo regressivo da forma que está.

A percepção de que o aumento de 1% do Índice de Hemerobia pode provocar um incremento de 9,1% no crescimento econômico

(InPIBT) também é significativa. Este elemento pode indicar que qualquer mobilização de insumos produtivos, dentre eles os recursos naturais, provocando maior pressão antrópica na paisagem, tem impacto relativamente significativo nos resultados produtivos da área. Esta suposição indica que há abundância de insumos produtivos na região, com baixa remuneração destes fatores, pois qualquer alteração mínima do uso da terra gera retornos relativamente altos em termos de produção. Deste modo, as políticas municipais precisam reorientar os *payoffs* dessa matriz de vantagens para a valorização e conservação ambiental, de modo a pensar num modelo de crescimento econômico mais sustentável.

Ainda, este cenário pode ser reforçado. Pois, a região passa por mudanças infra estruturais e produtivas que poderão impor um ritmo de crescimento econômico à região e colocar em risco os serviços ecossistêmicos e a destruição da vegetação nativa do Bioma, se não for pensado em uma gestão proativa da paisagem à favor da sustentabilidade territorial (Zhou et al., 2018; Han et al., 2020; Yang & Song, 2021).

Por fim, a associação direta entre a inflação e a diversidade agrícola. Ou seja, provavelmente, a elevação dos preços internos, principalmente, dos bens derivados dos produtos agrícolas de exportação (Baccarin & Oliveira, 2021), devido aos estímulos do comércio externo (Espíndola & Cunha, 2022; Cunha, 2022), influenciou na diversificação do portfólio de produtos e, consequentemente, da diversidade agrícola do mosaico. Caso fosse comprovado esse mecanismo, a elevação de preços internos, via políticas locais de estímulo à produção de produtos com pouca presença no comércio externo, poderia ampliar a diversidade produtiva na região, principalmente se fossem direcionadas aos agricultores familiares (Baccarin & Oliveira, 2021).

ALGUNS APONTAMENTOS PARA O PRESENTE E PARA O FUTURO

As alterações percebidas no estudo apontam para um panorama permeado de incertezas, porém carregado de tendências que indicam transformações do uso da terra para a formação de um modelo agroexportador na mesorregião. Deste modo, a região pode estar numa nova fronteira agrícola para a instalação/fortalecimento de culturas voltadas para a exportação. As mudanças infra estruturais e o cenário macroeconômico podem potencializar estas alterações, que se desorganizadas, impactarão de forma negativa os

serviços ecossistêmicos e a biodiversidade do Cerrado do Norte de Minas. A diminuição das áreas de Formação Florestal, de Formação Savânica e de Formação Campestre, como mostrado nos resultados, apontam para essa diminuição das áreas mais naturais, e consequentemente, dos serviços ecossistêmicos essenciais que delas provêm.

Este quadro fica mais preocupante quando os estímulos às classes de uso da terra mais ligadas à exportação representam a possibilidade de redução da diversidade agrícola da região pela

instalação de grandes áreas de monocultivo, como também visto nas análises. É preciso discutir e pôr em prática políticas ambientais e econômicas locais capazes de modificar este processo. Neste aspecto, a gestão da paisagem pode orientar e integrar as dimensões sociais, econômicas e ambientais, compreendendo a complexidade das relações no território, a importância da dimensão humana como parte do meio ambiente, e a preservação das características multifuncionais da paisagem.

Destaca-se que este é o momento oportuno para a implementação de estratégias e políticas locais para: (i) tornar as duas cidades sustentáveis (ODS#15); (ii) produzir as ações de recuperação e conservação para ampliar a resiliência e preservação de serviços essenciais do Cerrado na região (Aichi Target 14) e (iii) reduzir a degradação e fragmentação de seus habitats naturais (Aichi Target 05). Porém, o interesse econômico e o desejo empresarial têm colocado em segundo plano o planejamento territorial e a sustentabilidade do uso da terra no longo prazo. Diante a cena apresentada, o esperado é que estes

objetivos estejam longe de serem alcançados.

Torna-se emergente, além das possibilidades de ações e políticas públicas mencionadas no corpo de discussão do estudo: a criação de Áreas de Proteção Permanente, haja vista que na área de estudo não existem áreas de conservação; o monitoramento remoto mais próximo, especializado, e integrado, das áreas de grande degradação e desmatamento, tendo em vista as discrepâncias apontadas entre as metodologias de cálculo das áreas e a legislação florestal vigente; e o envolvimento de atores por meio de processos transparentes e facilmente monitorados.

Ou seja, se não for compreendido que a resolução local dos problemas socioambientais perpassa por uma mudança da forma de planejamento e gestão do território, considerando a interação entre habitats naturais e áreas antropogênicas, e a manutenção de múltiplos serviços ligados ao arranjo espacial vigente, provavelmente, o modo de vida insustentável que está sendo construído no longo prazo provocará um grande colapso social e econômico no futuro para a região.

AGRADECIMENTOS

A estrutura e suporte do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- BACCARIN, J.G. & OLIVEIRA, J.A. Inflação de alimentos no Brasil em período da pandemia da Covid 19, continuidade e mudanças. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 28, p. e021002–e021002, 2021.
- BRANCO, T.L.; ALMEIDA, C.M.; FRANCISCO, C.N. Modelagem Dinâmica Espacial das Mudanças de Uso e Cobertura da Terra na Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ: um Enfoque Sobre Comunidades Tradicionais e Unidades de Conservação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 1, p. 137–158, 2022.
- BUSTAMANTE, M.M.C., SILVA, J.S.; SCARIOT, A.; SAMPAIO, A.B.; MASCIA, D.L.; GARCIA, E.; & NOBRE, C. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, n. 7, p. 1249–1270, 2019.
- CBD. **Convention on Biological Diversity (CBD): Aichi Biodiversity Targets**. Disponível em: <<https://www.cbd.int/sp/targets/>>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- CERQUEIRA, M.C.; CERQUEIRA, M.C.; MATRICARDI, E.A.T.; SCARIOT, A.O.; OLIVEIRA, C.H.D. Landscape fragmentation in a buffer zone and the Nascentes das Geraizeiras Sustainable Development Reserve, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 607–633, 2021.
- CHAZDON, R.L.; CHAVES, R.B.; CALMON, M.; SIQUEIRA, L.P.D.; JUNQUEIRA, R.G.P. Experiências de governança da restauração de ecossistemas e paisagens no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 36, p. 221–237, 2022.
- CHI, Y.; SHI, H.; ZHENG, W.; SUN, J.; FU, Z. Spatiotemporal characteristics and ecological effects of the human interference index of the Yellow River Delta in the last 30 years. **Ecological Indicators**, v. 89, p. 880–892, 2018.
- CUNHA, R.C. O comércio exterior e a importância da taxa de câmbio na cadeia produtiva na soja no Brasil. **Revista Ciência Geográfica**, v. 26, n. 2, p. 769–792, 2022.
- ERDŐS, L.; BEDE-FAZEKAS, Á.; BÁTORI, Z.; BERG, C.; KRÖEL-DULAY, G.; MAGNES, M.; ZINNEN, J. Species-based indicators to assess habitat degradation: Comparing the conceptual, methodological, and ecological relationships between hemeroby and naturalness values. **Ecological Indicators**, v. 136, p. 108707, 2022.
- ESPÍNDOLA, C.J. & CUNHA, R.C.C. O desenvolvimento nacional e os agronegócios no Brasil pós-2003: **Princípios**, v. 41, n. 164, p. 310–331, 2022.
- FREITAS, F.L.M.; SPAROVEK, G.; MÖRTBERG, U.; SILVEIRA, S.; KLUG, I.; BERNDDES, G. Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. **Land Use Policy**, v. 68, p. 189–199, 2017.
- GOMES, C.S. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. **Cadernos do Leste**, v. 19, n. 19, p. 63–78, 2019.
- GUJARATI, D. & PORTER, D.C. Functional forms of regression models. **Essentials of econometrics**, p. 132–177, 2010.
- GUSMÃO, L.; LOBO, M.; TOURINHO, H. L. Mudança do Uso e da Cobertura da Terra e Hemerobia das Paisagens: o caso da Região Geográfica Imediata de Belém/PA (1985-2018). **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 30, p. 169–189, 2021.

- HAN, R.; FENG, C.C.; XU, N.; GUO, L. Spatial heterogeneous relationship between ecosystem services and human disturbances: A case study in Chuandong, China. **Science of The Total Environment**, v. 721, p. 137818, 2020.
- HARBS, R. & BACHA, C.J.C. Análise da distribuição dos preços de terras para lavouras no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 87, 2022.
- IBGE. **Pesquisas agropecuárias**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. v. 6
- IBGE. **Portal Cidades: Buritizeiro/MG**. Disp. em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/buritizeiro/panorama>. Acesso em: 5 nov. 2022.
- IBGE. **Portal Cidades: Pirapora/MG**. Disp. em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pirapora/panorama>. Acesso em: 6 nov. 2022.
- IBGE. **Tabela 1737: IPCA - Série histórica com número-índice, variação mensal e variações acumuladas em 3 meses, em 6 meses, no ano e em 12 meses (a partir de dezembro/1979)**. Disp. em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1737#n1/all/v/2265/p/200212,200312,200412,200512,200612,200712,200812,200912,201012,201112,201212,201312,201412,201512,201612,201712,201812,201912/d/v2265%2021/v,p,t/resultado>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- IBGE. **Tabela 5457: Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes**. Disp. em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#n1/all/n6/3109402,3151206/v/112,215,216,8331/p/all/c782/all/1/v,p,t+c782/resultado>. Acesso em: 2 nov. 2022.
- IBGE. **Tabela 5938: Produto interno bruto a preços correntes, impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes e valor adicionado bruto a preços correntes total e por atividade econômica, e respectivas participações - Referência 2010**. Disp. em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938#n1/all/n6/3109402,3151206/v/37,498,513,517,525,543,6575/p/all/d/v37%200,v498%200,v513%200,v517%200,v525%200,v543%200,v6575%200/1/v,p,t/resultado>. Acesso em: 3 nov. 2022.
- JESUS, P.P & PEREIRA, L.A.G. Logística agroindustrial, transportes e exportações do complexo da soja no estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Transporte y Territorio**, n. 22, 2020.
- LATUF, M.O.; RIOS, G.S.; PEREIRA, R.C. Análise multitemporal de incêndios florestais ocorridos no Estado de Minas Gerais entre 2001 e 2020. **Revista Cerrados**, v. 20, n. 01, p. 120–148, 2022.
- LAUSCH, A.; BLASCHKE, T.; HAASE, D. HERZOG, F. SYRBE, R. U. TISCHENDORF, L.; WALZ, U. Understanding and quantifying landscape structure – A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. **Ecological Modelling**, Use of ecological indicators in models. v. 295, p. 31–41, 2015.
- MACHADO, A. An index of naturalness. **Journal for Nature Conservation**, v. 12, n. 2, p. 95–110, 2004.
- MAPBIOMAS. **Mapbiomas Brasil: Coleções MapBiomas**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cam_set_language=pt-BR>. Acesso em: 5 dez. 2022.
- MARQUES, M.V.A.; MOREIRA, A.A.; NERY, C.V.M. Diagnóstico da desertificação na região Norte de Minas Gerais por meio de técnicas de geoprocessamento. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 2, p. 99–116, 2017.
- MARTINE, G. & ALVES, J.E.D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, p. 433–460, 2015.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; NEEL, M.C. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps**. Disp. em: <https://www.researchgate.net/publication/259011515>.
- MINAS GERAIS. **Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP-MG): Contrato Concessão BR-135**. Disp. em: <http://www.ppp.mg.gov.br/images/2020/BR-135/Contrato%20Concessão%20BR-135.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- MORAES, M.C.P.; MELLO, K.; TOPPA, R.H. Protected areas and agricultural expansion: Biodiversity conservation versus economic growth in the Southeast of Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 188, p. 73–84, 2017.
- NEVES, L.S.; SOUZA-LEAL, T.; BORIN, L.; CAVALCANTE, V.R. River sources, permanent preservation areas and forest renewal: Degradation and conservation in Brazil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 747–760, 2014.
- OLIVEIRA, A.M.; MARIO, M.C.; PACHECO, M.T.T. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050 / Renewable electric energy sources: evolution of the supply of photovoltaic energy in Brazil until 2050. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 1, p. 257–272, 2021.
- ONU. **The Sustainable Development Goals Report 2018. United Nations, New York**. Disp. em: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/the-sustainable-development-goals-report2018-en.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- ONU. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disp. em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- PADOVEZI, A.; ROMA, J.; COURA, D.; SILVA, L.A.D.; CAMPOS, M.; ASSUMPÇÃO, P.A.D.; SECCO, L. Casos brasileiros de Restauração Socio inovadora de Paisagens. **Estudos Avançados**, v. 36, p. 239–255, 2022.
- REGAZZINI, L.C. & CAETANO BACHA, C.J. Tributação e gastos federais na agropecuária brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 3, p. 55–67, 2012.
- SILVA, G.J.C.; MARTINS, H.E.P.; NEDER, H.D. Investimentos em infraestrutura de transportes e desigualdades regionais no Brasil: uma análise dos impactos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 36, p. 840–863, 2016.
- SZILASSI, P.; BATA, T.; SZABÓ, S.; CZÚCZ, B.; MOLNÁR, Z.; MEZŐSI, G. The link between landscape pattern and vegetation naturalness on a regional scale. **Ecological Indicators**, v. 81, p. 252–259, 2017.
- TISOTT, S.T. & SCHMIDT, V. Expansão e intensificação das culturas agrícolas no Bioma Cerrado na Região Centro-Oeste do Brasil / Expansion and intensification of agricultural crops in the Cerrado Biome in the Center-West Region of Brazil. **Brazilian Journal of Business**, v. 3, n. 3, p. 2280–2294, 2021.
- VAN BUSSEL, L. G. J. et al. Community-based governance: Implications for ecosystem service supply in Berg en Dal, the Netherlands. **Ecological Indicators**, v. 117, p. 106510, 2020.
- VLI. **Terminal Integrador Pirapora (TIPI)**. Disp. em: <https://www.vli-logistica.com.br/ativos-mapa/terminal-integrador-pirapora-tipi/>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- WALZ, U. & STEIN, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. **Journal for Nature Conservation**, v. 22, p. 279–289, 2014.
- YANG, Y. & SONG, G. Human disturbance changes based on spatiotemporal heterogeneity of regional ecological vulnerability: A case study of Qiqihaer city, northwestern Songnen Plain, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 291, p. 1–14, 2021.
- YI, L.; YU, Z.; QIAN, J.; KOBULIEV, M.; CHEN, C.; XING, X. Evaluation of the heterogeneity in the intensity of human interference on urbanized coastal ecosystems: Shenzhen (China) as a case study. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107243, 2021.
- ZHOU, Y.; NING, L.; BAI, X. Spatial and temporal changes of human disturbances and their effects on landscape patterns in the Jiangsu coastal zone, China. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 111–122, 2018.

Submetido em 23 de outubro de 2023
Aceito para publicação em 4 de dezembro de 2023