

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA DO RIO GUAPORÉ: UMA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL (2003–2022)**

*Nayanne Maria Gonçalves Leite<sup>1</sup>; Victor Hugo Rabelo Coelho<sup>2</sup> & Guillaume Francis Bertrand<sup>3</sup>*

**Abstract:** This study analyzed the spatiotemporal dynamics of land use and land cover (LULC) in the Guaporé River Basin (BHRG), located in the Brazilian Legal Amazon, from 2003 to 2022. Using data from the MapBiomass platform, changes in the main LULC classes, such as forests, pastures, agriculture, urbanized areas, and water bodies, were assessed. The results indicated a significant reduction in forest cover, from 55% to 48% of the total area of the basin, concomitant with the expansion of pasture areas (33%) and agriculture (3.5%). A reduction of approximately 40% in the surface area of water bodies was also observed. Statistical analyses, including correlations and the Mann-Kendall test, showed significant trends in forest loss, advance of human activities, and decline in water resources. These changes reveal the impacts of deforestation and intensification of land use on local ecosystems, highlighting the urgency of public policies aimed at the sustainable management of natural resources. The results reinforce the relevance of systematic monitoring by remote sensing as an essential tool to support conservation strategies and territorial planning in the Amazon region.

**Resumo:** Este estudo analisou a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo (LULC) na Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé (BHRG), situada na Amazônia Legal Brasileira, no período de 2003 a 2022. A partir de dados da plataforma MapBiomass, foram avaliadas as transformações nas principais classes de LULC, como florestas, pastagens, agricultura, áreas urbanizadas e corpos d'água. Os resultados indicaram uma redução expressiva da cobertura florestal, de 55% para 48% da área total da bacia, concomitante à expansão das áreas de pastagem (33%) e agricultura (3,5%). Também se observou uma redução de aproximadamente 40% na superfície de corpos hídricos. As análises estatísticas, incluindo correlações e o teste de Mann-Kendall, evidenciaram tendências significativas de perda florestal, avanço de atividades antrópicas e declínio dos recursos hídricos. Tais alterações revelam os impactos do desmatamento e da intensificação do uso do solo sobre os ecossistemas locais, ressaltando a urgência de políticas públicas voltadas à gestão sustentável dos recursos naturais. Os resultados reforçam a relevância do monitoramento sistemático por sensoriamento remoto como ferramenta essencial para subsidiar estratégias de conservação e planejamento territorial na região amazônica.

**Palavras-Chave** – Desmatamento; MapBiomass; Monitoramento Ambiental.

### **INTRODUÇÃO**

A perda da cobertura vegetal pode ocasionar impactos significativos nos recursos hídricos, tendo em vista que a remoção do dossel das árvores e da capacidade de interceptar a precipitação, resulta no aumento do escoamento superficial e reduz a infiltração (Esse et al., 2021). Com a

<sup>1</sup>) Universidade Federal da Paraíba, e-mail: nayannegl@hotmail.com

<sup>2</sup>) Universidade Federal da Paraíba, e-mail: victor-coelho@hotmail.com

<sup>3</sup>) Université de Franche-Comté e-mail: guillaume353@gmail.com

retirada da cobertura vegetal, o escoamento superficial ocorre em velocidades maiores, carregando partículas de solo, nutrientes essenciais e contaminantes para os corpos d'água. A intensificação desse processo de erosão pode ocasionar a degradação da qualidade do solo, redução da fertilidade e a desertificação, contribuindo também para o assoreamento dos corpos d'água, impactando os ecossistemas aquáticos, a qualidade e a disponibilidade de água potável, além de aumentar o risco de inundações (Gardon et al., 2020).

Além dos efeitos locais, o desmatamento pode ocasionar impactos na precipitação em regiões remotas de áreas desmatadas, tal fato é atribuído, principalmente, ao efeito termodinâmico resultante da mudança na umidade atmosférica e do efeito causado pela covariância do vento horizontal (Luo et al., 2022). As florestas liberam grande quantidade de vapor de água na atmosfera, que contribui para a formação de nuvens e precipitação local e regional, com a perda florestal, essa reciclagem de umidade é reduzida, diminuindo a ET e a precipitação, e aumentando a frequência de secas. Além disso, o desflorestamento afeta o albedo e a temperatura local, sendo capaz de deslocar zonas de precipitação e modificar padrões climáticos em escalas regionais e globais (Takahashi et al., 2017; Leite-Filho et al., 2021; Xu et al., 2022).

Essa problemática é particularmente relevante em florestas localizadas em regiões de clima tropical úmido, que apresentam altos índices de precipitação e incidência solar, favorecendo o processo de evapotranspiração, como na Amazônia Legal Brasileira (ALB). Em 2021, foram perdidos 11,1 milhões de hectares de cobertura arbórea nos trópicos, sendo 3,75 milhões de hectares em florestas tropicais primárias, das quais mais de 40% no Brasil (Weisse & Goldman, 2022). O desflorestamento no Brasil tem sido associado à expansão da agricultura, ao desenvolvimento de estradas e à dinâmica populacional na região amazônica, que alteraram o comportamento socioeconômico das famílias e influenciaram a intensidade e a taxa de mudanças no uso e cobertura do solo (LULC) (Souza Jr et al., 2020). No entanto, a dinâmica do desmatamento é cíclica, com taxas que aceleram e desaceleram, sendo possíveis transições de cobertura da terra, como o reflorestamento (Lopéz, 2022).

Essas questões apresentam relevância em bacias hidrográficas da ALB onde a reciclagem de precipitação é essencial para a manutenção de serviços ecossistêmicos (benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas), considerando que cerca de 20% a 35% das chuvas locais são provenientes da umidade reciclada da floresta, além de ser uma importante fonte de umidade para outras regiões da América do Sul, como o Centro, Sudeste e Sul do Brasil e o Norte da Argentina (Silveira et al., 2017).

O efeito diferenciado da perda florestal, segundo as escalas espaciais, demonstra que o monitoramento da dinâmica do LULC é fundamental para o desenvolvimento de uma gestão eficiente dos recursos naturais e sociais, possibilitando a realização de estudos científicos e elaboração de políticas públicas. Através desse monitoramento, pode-se obter informações confiáveis sobre LULC, que podem melhorar a avaliação dos fenômenos, como o desmatamento e a seca, sendo essencial para estudo em áreas de florestas tropicais, como a Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé (BHRG) na ALB, a qual desempenha um papel importante no equilíbrio hidrológico da região, mas tem sofrido com avanços do desmatamento, agropecuária, mineração e urbanização (Moss&Moss, 2007; Neves et al., 2020).

O monitoramento terrestre é limitado e geralmente a análise ambiental é realizada com base em dados de uma pequena região. Diante da necessidade de observações e análises em larga escala, utiliza-se o sensoriamento remoto orbital para adquirir amplas informações espectrais regionais e globais, obtendo vários indicadores ecológicos por modelagem e recuperação de dados, sendo atualmente indispensável para o monitoramento ambiental (Li et al., 2020). Nesse contexto,

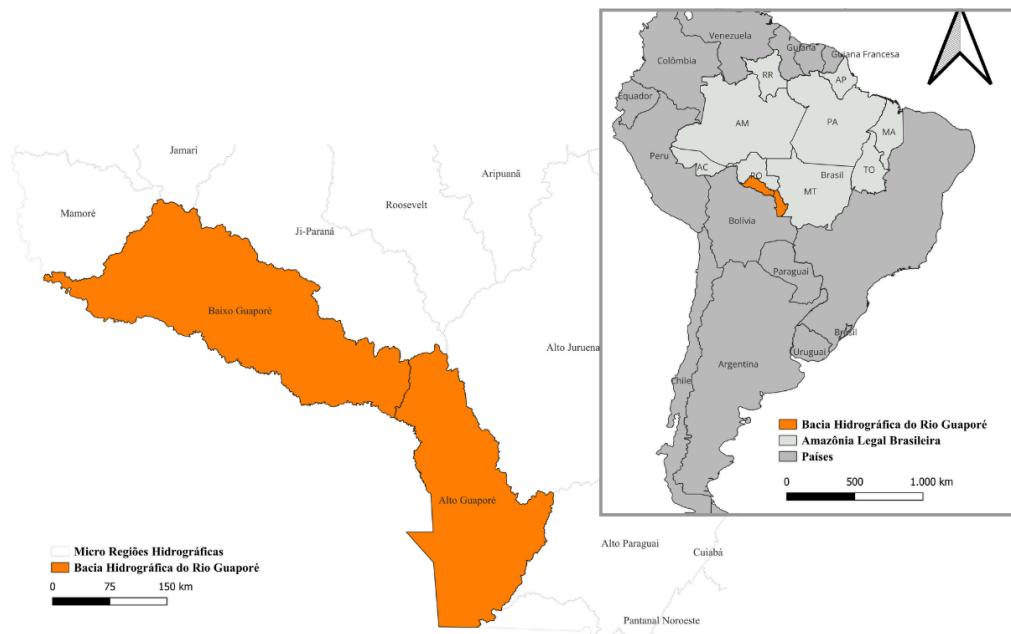
destaca-se a plataforma MapBiomass como uma iniciativa essencial para a geração de séries históricas anuais de mapas de uso e cobertura do solo no Brasil, com base em imagens de satélite e algoritmos de classificação automática. O MapBiomass fornece dados consistentes e comparáveis que possibilitam o acompanhamento de mudanças ao longo do tempo, sendo uma ferramenta estratégica para estudos como o desenvolvido neste artigo (MapBiomass, 2024). Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo (LULC) da BHRG entre os anos de 2003 e 2022.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

O presente trabalho abrange a BHRG (Figura 1) (97.563 km<sup>2</sup>; 10° S e 15° S de latitude e 60° W e 65° W de longitude), afluente do Rio Madeira, localizada nos estados de Mato Grosso e Rondônia, na ALB, formando a fronteira do Brasil com a Bolívia. Tal bacia foi selecionada devido à sua relevância internacional, tendo em vista que atravessa fronteiras e é essencial para comunidades em diferentes países, o que reforça a importância de um monitoramento integrado.

Figura 1 - Localização da BHRG



O rio Guaporé tem sua nascente na Chapada dos Parecis (Mato Grosso), a 630 m de altitude, e tem sua foz no rio Mamoré, nas proximidades de Surpresa (Rondônia), com extensão de 1.400 km, dos quais 1.150 km são navegáveis. A região dispõe de atividades econômicas diversificadas, como a mineração de ouro, a exploração de madeira, a pecuária de corte e leiteira e a agricultura. Ao longo da bacia, são observados impactos ambientais provenientes do avanço do desmatamento para implantação de pastagens, queimadas ilegais e erosão do solo (Moss&Moss, 2007).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da BHRG é do tipo tropical de monções (Am) na região do estado de Rondônia, e tropical de savana (Aw) com inverno seco em Mato Grosso. A precipitação média anual na bacia é em torno de 1.500 mm e temperatura média do ar de 30°C (Silva et al., 2014). Já na região do estado de Rondônia, predomina o clima tropical de monções, com maiores precipitações anuais (superior a 2.000 mm) e temperaturas do ar mais

amenas (25 °C em média) (Condé et al., 2013).

### Análise espaço-temporal do desmatamento

Para analisar a dinâmica do desmatamento foi utilizado o projeto MapBiomas (MapBiomas, 2024), o qual dispõe de uma plataforma aberta e gratuita, que usa satélites para mapear e monitorar dados classificados do território, dispondo de informações de 1985 a 2023. O MapBiomas foi adotado no presente estudo devido a sua cobertura geográfica abrangente e sua alta resolução espacial (30 m), o que permite acessar dados específicos de áreas ecologicamente diversas, como a BHRG. Além disso, a plataforma dispõe de resolução temporal anual, o que permite avaliar as mudanças no LULC ano a ano, registrando tendências passadas e estabelecendo uma base consistente para projeções futuras. O MapBiomas utiliza metodologias de classificação automatizada baseada em aprendizado de máquina, integradas ao Google Earth Engine (GEE) e validadas por especialistas, garantindo mapas precisos. A sua classificação padronizada possibilita a realização de comparações confiáveis entre diferentes períodos e regiões (MapBiomas, 2024; Neves et al., 2020).

Os dados foram obtidos através do módulo do uso e cobertura da plataforma MapBiomas, selecionando-se no recorte territorial a opção “Bacia Hidrográfica (PNHR)” no território Madeira 01 (BHRG). O nível 1 de classificação (floresta, formação natural não florestal, agropecuária, área não vegetada, corpo d’água e não observado) foi escolhido e o download direto da Coleção 8. Foi selecionada a bacia hidrográfica e gerados 20 mapas anuais de LULC, no período de 2003 a 2022.

### Análise de dados

Foi realizada uma análise comparativa dos mapas e dados gerados, utilizando o coeficiente de correlação ( $r$ ), comparando as classes de LULC, a fim de verificar a relação entre as diferentes classes de cobertura da terra. Para realizar o cálculo do coeficiente  $r$  foi utilizada a Equação 1 (Ferreira Filho et al., 2020):

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

onde  $x_i$  e  $y_i$  são observações das variáveis e  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são as médias das variáveis. O coeficiente de correlação ( $r$ ) avalia a intensidade e direção das relações lineares entre variáveis, variando de -1 a 1 (Crispim et al., 2019).

### Análise de Tendências

Para realizar a avaliação de tendências dos dados obtidos, será utilizado o teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1948), em um nível de significância de 95% para todas as variáveis analisadas. O teste de Mann-Kendall é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), sendo um teste não paramétrico amplamente utilizado para testar tendências de séries temporais climatológicas (Guedes, Priebe e Manke, 2018).

A estatística  $S$  do teste de Mann-Kendall será calculada com base na Equação 2:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sign(x_j - x_i) \quad (2)$$

onde  $n$  é o número de observações na série temporal,  $x_i$  e  $x_j$  são os valores observados no tempo  $i$  e  $j$ , respectivamente, enquanto que  $sign(x_j - x_i)$  é a função sinal definida por:

$$\text{sign}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 & (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & (X_j - X_i) < 0 \end{cases}$$

Para calcular a variância de S ( $\text{Var}(S)$ ) e a estatística normal padrão (Z) foram utilizadas as Equações 3 e 4:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n+1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

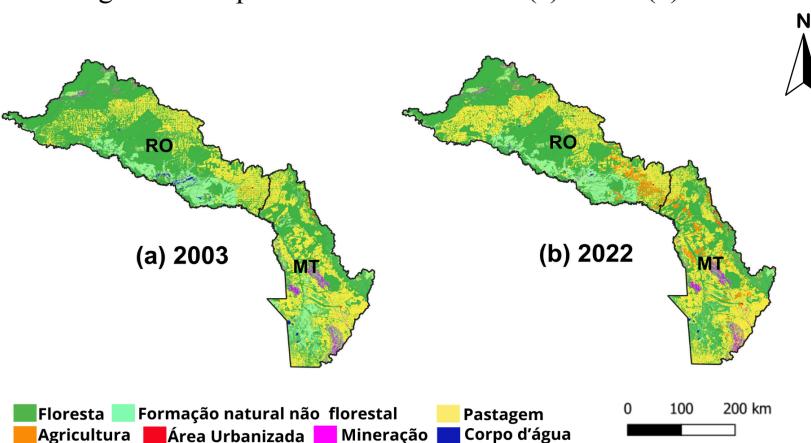
$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Valores positivos de Z indicam tendências crescentes, enquanto que valores negativos indicam tendências decrescentes. Valores de  $|Z| > 1,96$  sugerem que há uma tendência significativa, em um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%. Se não houver tendência, Z estará próximo de 0 (Andrade et al., 2025). Através de um teste bilateral, foi considerado um nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%, ou seja, foi rejeitada a hipótese de ausência de tendência quando a probabilidade (p) de obtermos os dados observados foi inferior a esse nível (Cabral Júnior & Lucena, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

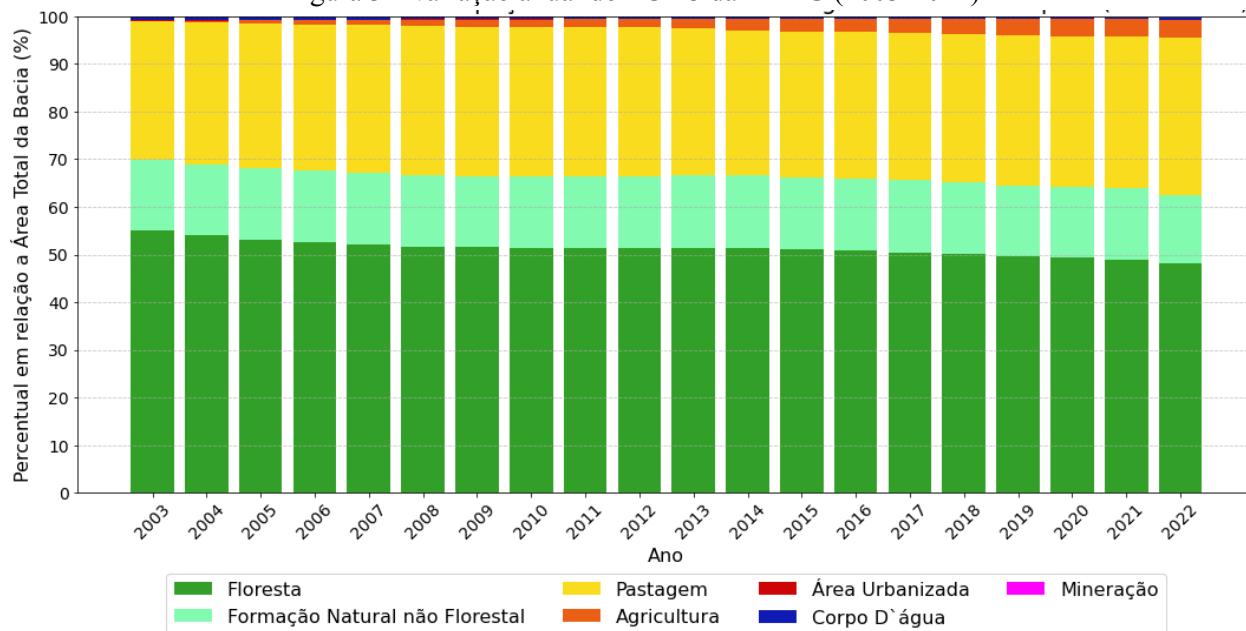
A Figura 2 apresenta a distribuição espaço-temporal do LULC da BHRG (97.563 km<sup>2</sup>), nos anos de 2003 e 2022. A partir da análise do LULC no período de estudo, verifica-se a redução da cobertura florestal na região, passando de 53.673 km<sup>2</sup> (55%), em 2003, para 46.977 km<sup>2</sup>, em 2022, o que representa cerca de 48% do território da bacia. Pode-se observar também o crescimento da área de pastagem, de 28.287 km<sup>2</sup> (29%), em 2003, para 32.315 km<sup>2</sup>, em 2022, correspondendo a pouco mais de 33% da área total da bacia. Além disso, constatou-se uma diminuição da área dos corpos de água da bacia, tendo em vista que em 2003 foi registrada uma área de 752 km<sup>2</sup>, variando ao longo do período e chegando a 455 km<sup>2</sup> em 2022. Segundo o MapBiomas (2024), a Amazônia foi o bioma que mais perdeu superfície de água em 2023, apresentando uma retração de 22.000 km<sup>2</sup> em relação a 2022, destacando-se o Mato Grosso, estado que abriga parte da BHRG, com uma perda de 33% de superfície de água, sendo o estado com a maior redução registrada.

Figura 2 - Mapas do LULC da BHRG (a)2003 e (b) 2022.



A Figura 3 apresenta a evolução das classes de LULC da BHRG no período de 2003 a 2022. Analisando os dados, percebe-se que uma perda florestal acentuada na BHRG, uma diminuição de 6.696 km<sup>2</sup> de cobertura florestal, equivalente a cerca de 7% da bacia. Constatou-se que, em 2003, a classe de cobertura natural não florestal equivalia a 14% da região, sendo reduzida para 10% em 2022, uma perda de 4.000 km<sup>2</sup> nos últimos 20 anos. Em paralelo, verifica-se um crescimento da área destinada à classe pastagem, passando de 28.287 (2003) para 32.315 km<sup>2</sup> (2022), representando cerca de 33% da área total da bacia. Já na classe agricultura, verifica-se um crescimento significativo, passando de 200 km<sup>2</sup>, em 2003, para 3.485 km<sup>2</sup>, em 2022, correspondendo a aproximadamente 3,5% da área da região. Além disso, registrou-se uma redução na área de corpo d'água, que diminuiu de 711 km<sup>2</sup>, em 2003, para 439 km<sup>2</sup>, em 2022, uma diminuição de quase 40% da área da classe, correspondendo a 0,45% da área total da bacia. Esses dados indicam um processo de substituição da vegetação natural por atividades agropecuárias, impulsionado tanto pela conversão de áreas florestais em pastagens e cultivos agrícolas quanto pela incidência de queimadas e incêndios florestais decorrentes de ações antrópicas (Da Silva et al., 2023).

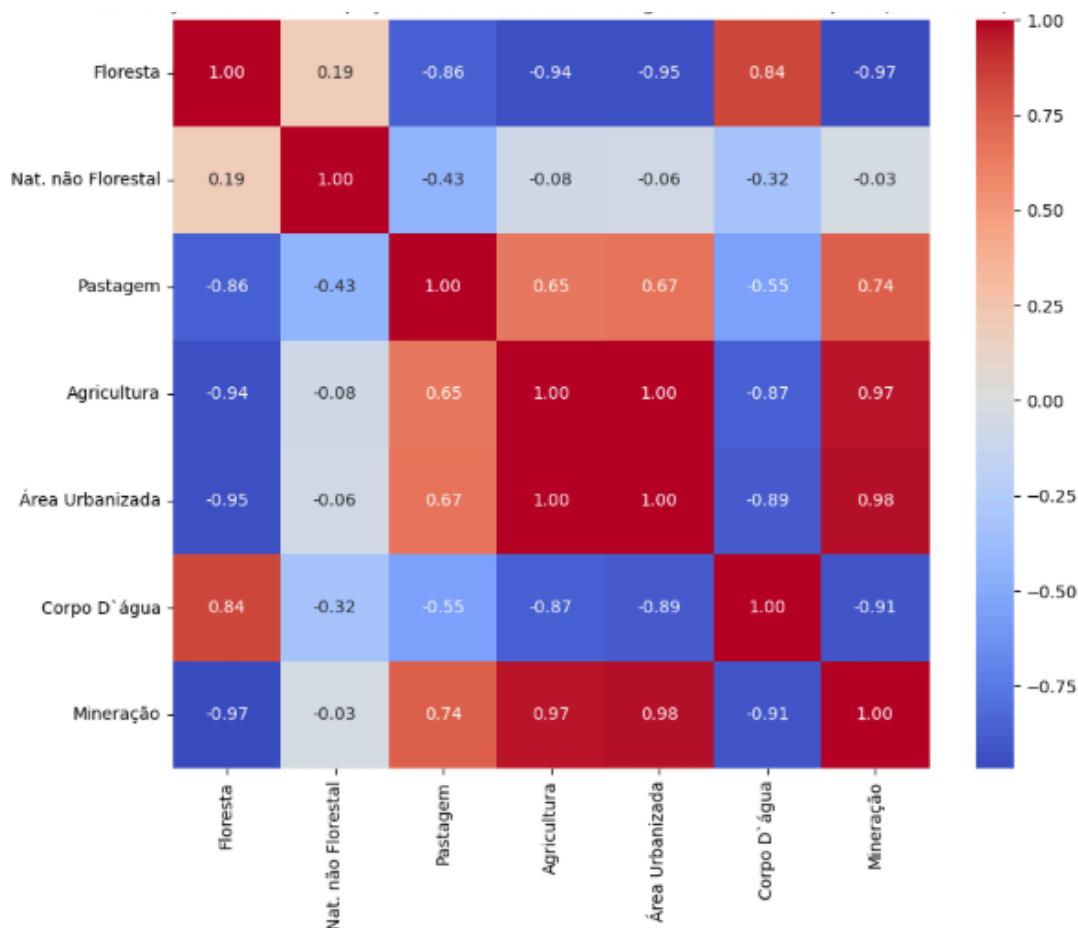
Figura 3 - Variação anual do LULC da BHRG (2003-2022)



A matriz de correlação do LULC da BHRG (Figura 4) mostra importantes relações entre as diferentes classes de uso do solo, destacando os impactos das atividades antrópicas sobre o ambiente natural. A área de floresta apresenta fortes correlações negativas com a pastagem (-0,86), a agricultura (-0,94), a área urbanizada (-0,95) e a mineração (-0,97), indicando que crescimento dessas áreas está diretamente associado à perda da cobertura florestal. A pastagem apresenta uma correlação positiva e moderada com a agricultura (0,65) e com a urbanização (0,67), sugerindo que essas atividades frequentemente coexistem. Por outro lado, a agricultura exibe uma forte correlação positiva com a área urbanizada (1,0) e a mineração (0,97), sendo possível perceber que essas atividades estão interligadas com a expansão agrícola na região. Já nos corpos d'água, verifica-se uma forte correlação positiva com a floresta (0,84), sugerindo que essas áreas ocorrem próximas aos mananciais. Em contraste, observa-se uma correlação negativa moderada com a pastagem (-0,55), o que indica que essas atividades impactam a disponibilidade dos recursos hídricos, e uma forte correlação negativa com a agricultura (-0,87), a área urbanizada (-0,89) e a mineração (-0,91),

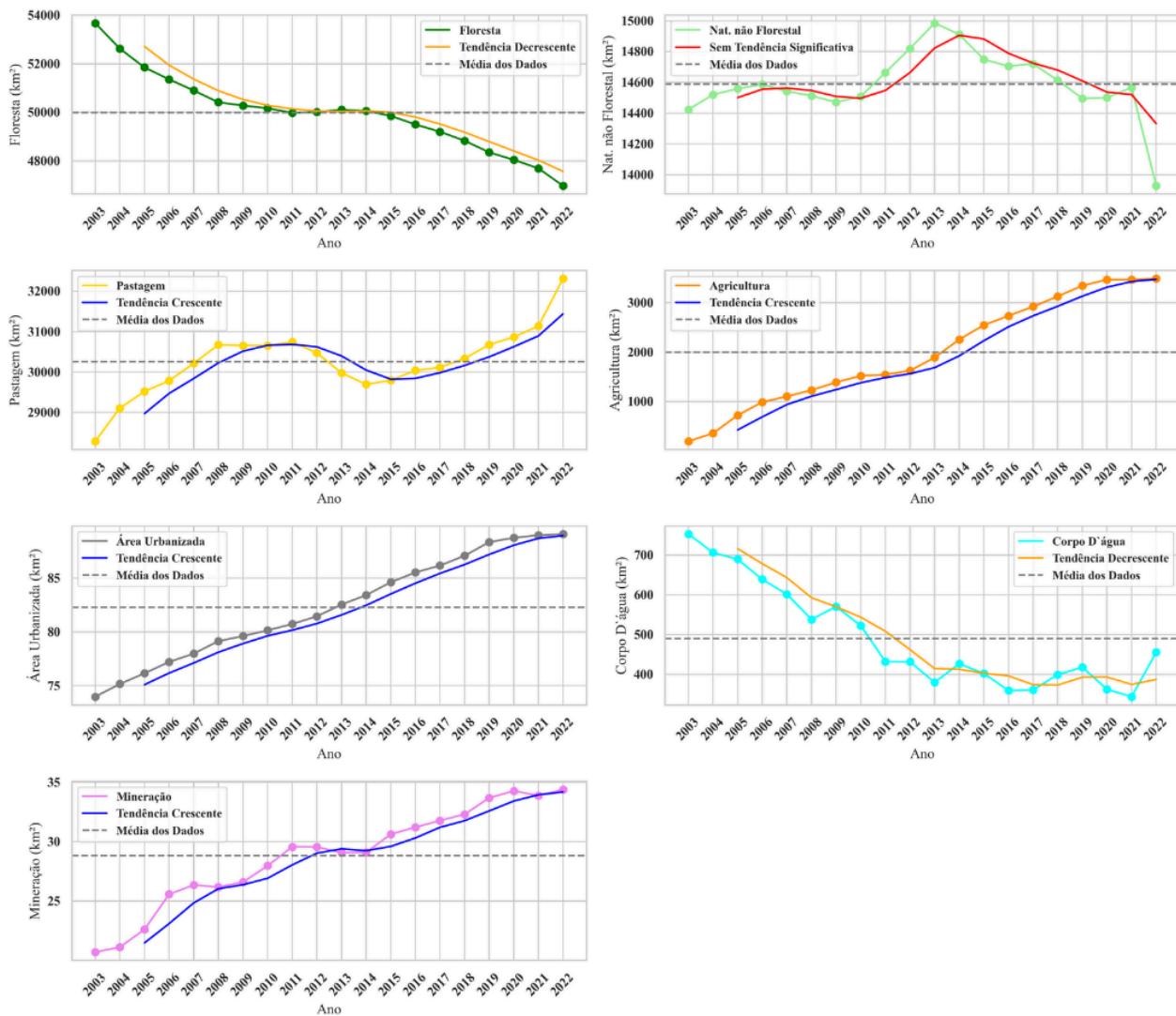
destacando o impacto negativo dessas áreas sobre os recursos hídricos, seja pela degradação ambiental ou pela alteração do fluxo dos rios.

Figura 4 - Mapa de calor da correlação entre as classes de LULC da BHRG(2003-2022)



A partir da análise das tendências temporais do Teste de Mann-Kendall das classes de LULC da BHRG (Figura 5), é possível identificar alterações nos usos do solo da bacia ao longo dos 20 anos estudados. A classe floresta apresenta uma tendência decrescente significativa ( $p \approx 0$ ,  $Z = -5,81$  e  $\tau = -0,95$ ), confirmando um intenso processo de desmatamento. Já a classe de formação natural não florestal não apresenta tendência estatisticamente significativa ( $p = 0,82$ ,  $Z = 0,23$  e  $\tau = 0,04$ ), sugerindo que não houve alterações significativas nesse tipo de cobertura no período analisado. Por outro lado, as classes de pastagem, agricultura e urbanização, registraram tendências crescentes estatisticamente significativas. Na pastagem os valores de  $p = 0,0016$ ,  $Z = 3,15$  e  $\tau = 0,51$  indicam que a conversão da vegetação natural em pastagem na Bacia do Guaporé está ocorrendo de forma gradual. Em contrapartida, os valores de  $p \approx 0$ ,  $Z = 6,07$  e  $\tau = 0,99$  da classe agricultura e  $p \approx 0$ ,  $Z = 6,13$  e  $\tau = 1,0$ , da classe de urbanização, confirmam uma rápida expansão das áreas de cultivo e urbanizadas na BHRG. A classe de corpos d'água apresenta uma tendência decrescente estatisticamente significativa, com  $p \approx 0$ ,  $Z = -4,51$  e  $\tau = -0,74$ , indicando uma possível redução das áreas alagadas, o que pode estar associado à diminuição da disponibilidade hídrica da bacia. Além disso, a mineração registrou uma tendência de crescimento significativo ( $p \approx 0$ ,  $Z = 5,68$  e  $\tau = 0,93$ ), sugerindo um aumento contínuo dessa atividade na região.

Figura 5 - Tendência temporal das classes de LULC da BHRG (2003-2022)



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a dinâmica do LULC na BHRG entre 2003 e 2022, revelando uma significativa diminuição da cobertura florestal (de 55% para 48%) e uma tendência de redução dos corpos d'água, associada à expansão da agropecuária, urbanização e mineração. A análise de correlação e o teste de Mann-Kendall confirmaram tendências preocupantes, como a forte relação entre desmatamento e atividades antrópicas, além do impacto negativo dessas mudanças na disponibilidade hídrica e na estabilidade ecossistêmica. Os resultados destacam a necessidade urgente de políticas públicas que promovam o manejo sustentável, a restauração de áreas degradadas e o monitoramento contínuo, visando equilibrar desenvolvimento e conservação na Amazônia Legal Brasileira.

**AGRADECIMENTOS** - Os Autores gostariam de agradecer a Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental pelo apoio recebido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Antônia Silânia de. *Análise do desempenho dos índices climáticos na execução do monitoramento das chuvas no Estado da Paraíba*. 2025. 98 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2025.
- CABRAL JÚNIOR, Jório Bezerra; LUCENA, Rebecca Luna. Análises das precipitações pelos testes não paramétricos de Mann-Kendall e Kruskal-Wallis. *Mercator* (Fortaleza), v. 19, p. e19001, 2020.
- CONDÉ, T. M., DE LIMA, M. L. M., DE LIMA NETO, E. M., & TONINI, H. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. *Revista Agro@mbiente on-line*, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i1.932>
- CRISPIM, Diêgo Lima et al. Análise estatística da precipitação do município de Brasiléia–Acre, Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 8, n. 2, p. 104-122, 2019.
- DA SILVA, Richard Marques; LOPES, Aricson Garcia; SANTOS, Celso Augusto Guimarães. Deforestation and fires in the Brazilian Amazon from 2001 to 2020: Impacts on rainfall variability and land surface temperature. *Journal of Environmental Management*, v. 326, p. 116664, 2023.
- ESSE, Carlos et al. Effects of land use change on water availability and water efficiency in the temperate basins of south-central Chile. *Journal of King Saud University-Science*, v. 33, n. 8, p. 101650, 2021.
- FERREIRA FILHO, David Figueiredo; LIRA, Bruna Roberta Pereira; CRISPIM, Diêgo Lima; PESSOA, Francisco Carlos Lira; FERNANDES, Lindemberg Lima. Análise pluviométrica no estado do pará: comparação entre dados obtidos de estações pluviométricas e do satélite gpcc. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 26, 2020.
- GARDON, Fernando Ravanini et al. Rainfall interception and plant community in young forest restorations. *Ecological Indicators*, v. 109, p. 105779, 2020.
- GUEDES, Hugo Alexandre Soares; PRIEBE, Priscila dos Santos; MANKE, Emanuele Baifus. Tendências em séries temporais de precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, p. 283-291, 2019.
- KENDALL, M. G. *Rank correlation methods*. London: Charles Griffin, 1975.
- LEITE-FILHO, A. T., SOARES-FILHO, B. S., DAVIS, J. L., ABRAHÃO, G. M., & BÖRNER, J. Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, v. 12, n. 1, p. 2591, 2021
- LI, J., PEI, Y., ZHAO, S., XIAO, R., SANG, X., & ZHANG, C. A review of remote sensing for environmental monitoring in China. *Remote Sensing*, v. 12, n. 7, p. 1130, 2020.
- LOPEZ, Santiago. Deforestation, forest degradation, and land use dynamics in the Northeastern Ecuadorian Amazon. *Applied Geography*, v. 145, p. 102749, 2022.
- LUO, X., GE, J., GUO, W., FAN, L., CHEN, C., LIU, Y., & YANG, L. The biophysical impacts of deforestation on precipitation: results from the CMIP6 model intercomparison. *Journal of Climate*, v. 35, n. 11, p. 3293-3311, 2022.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245–259.

MAPBIOMAS. *Superfície de água no Brasil voltou a ficar abaixo da média em 2023*. MapBiomas, 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2024/06/26/superficie-de-agua-no-brasil-voltou-a-ficar-abaixo-da-media-em-2023/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

MAPBIOMAS. *O projeto*. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

MOSS, Gérard; MOSS, Margi. PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS - Sete Rios (Guaporé). Brasília: Brasil das Águas, 2007. Disponível em: [https://brasildasaguas.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2013/05/Rio-Guapore%C2%81\\_Relatorio.pdf](https://brasildasaguas.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2013/05/Rio-Guapore%C2%81_Relatorio.pdf). Acesso em: 05 out. 2024.

NEVES, A. K., KÖRTING, T. S., FONSECA, L. M. G., & ESCADA, M. I. S. Assessment of TerraClass and MapBiomas data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome. *Acta Amazonica*, v. 50, n. 2, p. 170-182, 2020.

SILVA, F.; PIERANGELI, M.; SANTOS, F.; SOUSA, J. Caracterização Pedológica De Campos De Murundus Da Bacia Hidrográfica Do Rio Guaporé No Estado De Mato Grosso. *Revista Geonorte*, [S. l.], v. 5, n. 21, p. 51–58, 2014. Disponível em: <http://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1492>. Acesso em: 9 out. 2024.

SILVEIRA, L. G. T. D., CORREIA, F. W. S., CHOU, S. C., LYRA, A., GOMES, W. B., VERGASTA, L., & SILVA, P. R. T.. Reciclagem de precipitação e desflorestamento na Amazônia: um estudo de modelagem numérica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 3, p. 417-432, 2017.

SOUZA JR, Carlos M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020

TAKAHASHI, Atsuhiko et al. Impact of tropical deforestation and forest degradation on precipitation over Borneo Island. *Journal of Hydrometeorology*, v. 18, n. 11, p. 2907-2922, 2017.

WEISSE, M; GOLDMAN, E. Forest Loss Remained Stubbornly High in 2021. *World Resources Institute*, 2022. Disponível em: <https://gfr.wri.org/global-tree-cover-loss-data-2021>. Acesso em: 16 out. 2022.

Xu, R., Li, Y., Teuling, A. J., Zhao, L., Spracklen, D. V., Garcia-Carreras, L., MEIER, R., CHEN, L., ZHENG, Y., LIN, H., Fu, B.. Contrasting impacts of forests on cloud cover based on satellite observations. *Nature communications*, v. 13, n. 1, p. 670, 2022.