



GEOTECNOLOGIAS LIVRES NA CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS: APLICAÇÕES NO PLANEJAMENTO E NA GESTÃO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

FREE GEOTECHNOLOGIES IN LAND USE AND LAND COVER CLASSIFICATION IN SMALL WATERSHEDS: PLANNING AND ENVIRONMENTAL LEGISLATION

GEOTECNOLOGÍAS LIBRES EN LA CLASIFICACIÓN DEL USO Y COBERTURA DE LA TIERRA EN PEQUEÑAS CUENCA HIDROGRÁFICAS: APLICACIONES EN LA PLANIFICACIÓN Y EN LA GESTIÓN DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Patricia Helena Mirandola Garcia¹

0000-0002-7337-798X
patricia.garcia@ufms.br

Gabriel Ulian de Souza²

0009-0000-0804-2932
gabrielulian1005@gmail.com

Tania Pereira dos Santos Silva³

0009-0006-7520-9695
tania_s_silva@ufms.br

Maria Clara Godinho Somer Avelino⁴

0009-0006-8716-5298
mcavelini@gmail.com

1 Professora Titular da UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Campus de Três Lagoas, docente dos cursos de Geografia (licenciatura e bacharelado) e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado) /Três Lagoas - MS e Ensino de Ciências (Doutorado) - área Educação Ambiental / Campo Grande – MS. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7337-798X>. E-mail: patricia.garcia@ufms.br.

2 Bolsista Iniciação Científica Geografia (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0804-2932>. E-mail: gabrielulian1005@gmail.com.

3 Bolsista Iniciação Científica Geografia (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7520-9695>. E-mail: tania_s_silva@ufms.br.

4 Bolsista Doutorado Programa de Pós-Graduação e Geografia PPGGEO (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas). ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8716-5298>. E-mail: mcavelini@gmail.com.

Agradecimentos: Agradecemos ao CNPq e à FUNDECT pelo apoio financeiro e à FINEP pelo acesso às instalações laboratoriais, fundamentais para o avanço da pesquisa e para o planejamento ambiental sustentável na região.

Artigo recebido em janeiro de 2025 e aceito para publicação em maio de 2025.



Este artigo está licenciado sob uma Licença
Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

RESUMO: A análise integrada de geotecnologias livres, como QGIS e MapBiomass, mapeou a dinâmica de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo (Três Lagoas, MS), de 2012 a 2022. Observou-se um aumento expressivo das áreas destinadas à silvicultura (eucalipto), que passaram de 509,07 km² (0,25%) em 2012 para 3.558,25 km² (1,78%) em 2022, avançando principalmente sobre antigas áreas de pastagem. Paralelamente, as pastagens reduziram de 65,35% para 52,74% e houve crescimento do mosaico de usos e áreas alagadas. A abordagem sistêmica permitiu identificar zonas prioritárias para restauração ecológica e áreas vulneráveis à degradação. Os resultados subsidiam políticas públicas e o planejamento ambiental, ressaltando a importância do monitoramento para conservação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Silvicultura. Uso da terra. Monitoramento ambiental.

ABSTRACT: The integrated analysis of open-source geotechnologies, such as QGIS and MapBiomass, mapped the dynamics of land use and land cover in the Rio do Pombo Watershed (Três Lagoas, MS) from 2012 to 2022. A significant increase in areas allocated to forestry (mainly eucalyptus) was observed, rising from 509,07 km² (0.25%) in 2012 to 3.558,25 km² (1.78%) in 2022, mainly expanding over former pasture lands. Meanwhile, pastures decreased from 65.35% to 52.74%, and there was growth in mosaic uses and wetland areas. The systemic approach allowed the identification of priority zones for ecological restoration and areas vulnerable to degradation. The results support public policy and environmental planning, highlighting the importance of monitoring for the conservation of natural resources.

Keywords: Watershed. Forestry. Land use. Environmental monitoring.

RESUMEN: El análisis integrado de geotecnologías libres, como QGIS y MapBiomass, mapeó la dinámica de uso y cobertura del suelo en la Cuenca Hidrográfica del Río do Pombo (Três Lagoas, MS), de 2012 a 2022. Se observó un aumento significativo en las áreas destinadas a la silvicultura (principalmente eucalipto), que pasaron de 509,07 km² (0,25%) en 2012 a 3558,25 km² (1,78%) en 2022, avanzando principalmente sobre antiguas zonas de pastizales. Paralelamente, los pastizales disminuyeron de 65,35% a 52,74% y hubo un aumento de áreas de uso en mosaico y zonas inundables. El enfoque sistemático permitió identificar zonas prioritarias para la restauración ecológica y áreas vulnerables a la degradación. Los resultados respaldan políticas públicas y la planificación ambiental, resaltando la importancia del monitoreo para la conservación de los recursos naturales.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica. Silvicultura. Uso del suelo. Monitoreo ambiental.

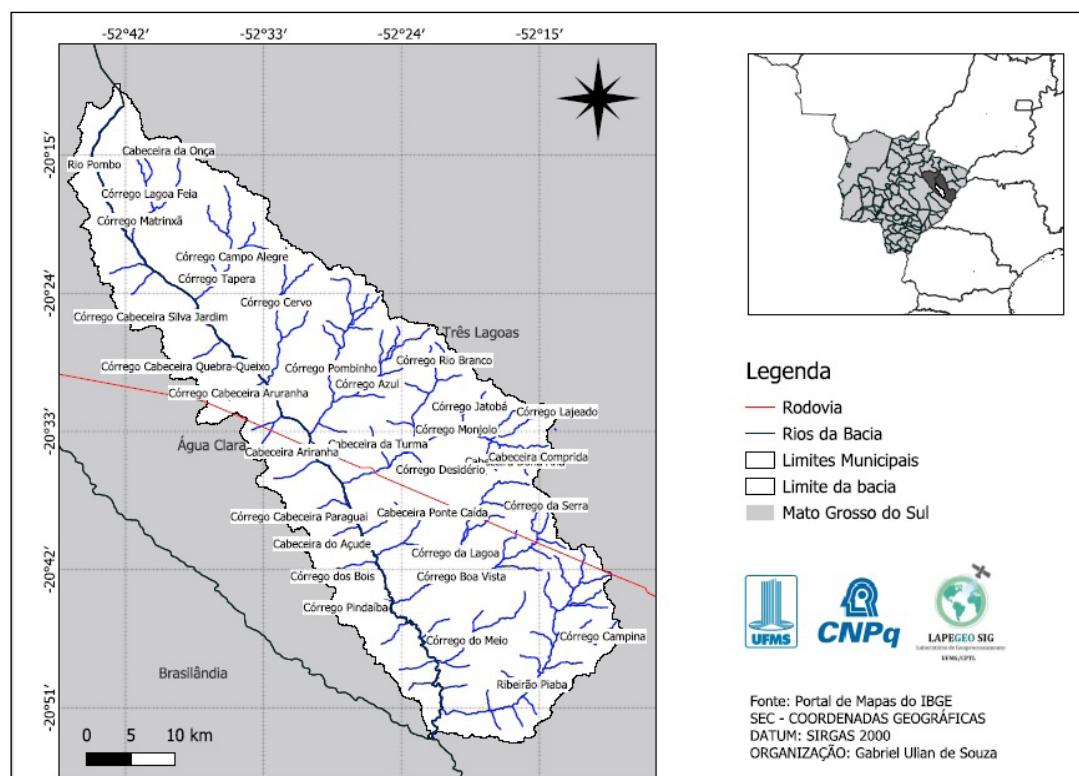
INTRODUÇÃO

O município de Três Lagoas, situado na região leste de Mato Grosso do Sul, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), localiza-se próximo à divisa com o estado de São Paulo, integrando a microrregião do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Essa região, caracterizada por relevo plano, extensas áreas de drenagem e paisagens naturais como o Cerrado e áreas de Mata Atlântica, desempenha um papel estratégico tanto na produção agropecuária quanto na conservação ambiental.

Inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, o município se destaca tanto pela sua rica hidrografia, com rios como o Paraná, Pombo, Sucuriú e Verde, quanto por atividades socioeconômicas relevantes, como a silvicultura do eucalipto, que alteram significativamente a paisagem e os ecossistemas locais. Diante desse cenário, torna-se fundamental compreender e monitorar as mudanças na cobertura e no uso da terra, especialmente no que se refere à fragmentação florestal e à conservação da biodiversidade (IBGE, 2021).

A bacia hidrográfica do Rio do Pombo, situada no município de Três Lagoas/MS, caracteriza-se por uma rede hidrográfica composta por afluentes que desempenham um papel fundamental na dinâmica hídrica regional. A fim de aprimorar a compreensão espacial e hidrológica da área, a Figura 1 apresenta um mapa que delinea a extensão e os principais tributários da bacia, com base nas informações disponibilizadas pela *Enciclopédia das Águas de Mato Grosso do Sul* (Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul, 2014)⁵. A utilização desse recurso cartográfico é de extrema relevância para estudos relacionados à gestão e conservação dos recursos hídricos, permitindo a análise das interconexões entre os diferentes corpos d’água e subsidiando estratégias para o planejamento ambiental e territorial da região.

A área em estudo é analisada sob a ótica da Teoria Geral dos Sistemas, considerando o Sistema Bacia Hidrográfica do Rio Paraná e o Subsistema Rio Verde, tendo como parte componente o Rio do Pombo, no município de Três Lagoas, MS. Essa abordagem é fundamental, pois tudo o que ocorre nos níveis do sistema e do subsistema influencia diretamente a parte componente com intensidade variável. Assim, entender como as dinâmicas do sistema maior afetam a parte componente é crucial para a formulação de estratégias de conservação e planejamento ambiental sustentável, contribuindo para a definição de políticas públicas e decisões embasadas no uso e cobertura da terra, levando em conta a complexidade das interações entre os diferentes elementos do sistema ambiental (Figura 1).



Fonte: Portal de Mapas do IBGE, OGIS, Encyclopédia das Águas do MS. Org: Os autores.2025.

Figura 1. Mapa da Delimitação e Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pombo, MS, Brasil.

O objetivo central deste estudo é analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Pombo, localizada em Três Lagoas, identificando áreas críticas de intervenção onde práticas de conservação se mostram prioritárias. Além disso, busca-se proporcionar subsídios para o planejamento ambiental e o entendimento da dinâmica da Bacia Hidrográfica do Pombo. Sob a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas (Christofoletti, 1980), a bacia é reconhecida como parte integrante de um sistema maior – a Bacia Hidrográfica do Rio Paraná –, da qual é subsistema da Bacia do Rio Verde, sendo a Bacia do Rio do Pombo uma parte componente. Além disso, visa avaliar a eficácia das geotecnologias aplicadas, comparando resultados com dados de campo e contribuindo para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos essenciais.

Adicionalmente, o estudo apresenta uma análise das legislações ambientais na gestão da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, considerando os impactos ambientais e como a legislação vigente atua para mitigar desastres ambientais, preservando a vegetação nativa e a integridade do ecossistema.

APORTE TEÓRICO

Conforme definido por Christofoletti (1980, p. 103), uma bacia hidrográfica é constituída por ‘um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem. Esse conceito ressalta a interdependência entre os diferentes cursos d’água que compõem a rede de drenagem, estruturada segundo as características topográficas e geomorfológicas da região. Nesse sentido, a bacia hidrográfica pode ser compreendida como uma unidade natural de captação, transporte e armazenamento hídrico, englobando processos como o escoamento superficial, a recarga e o armazenamento subterrâneo, além da interação entre rios, riachos e seus afluentes. Dessa forma, a bacia hidrográfica desempenha um papel essencial na manutenção do equilíbrio hidrológico, sendo um elemento central para a gestão sustentável dos recursos hídricos, a conservação ambiental e o planejamento territorial.

Neste sentido, no campo da Geografia, a bacia hidrográfica é amplamente reconhecida como uma unidade espacial fundamental para a compreensão dos processos hidrológicos e da organização da paisagem. A sistematização desses conceitos nas Abordagens Teóricas sobre Bacias Hidrográficas evidencia a evolução da compreensão científica sobre o tema, permitindo uma análise integrada dos processos físicos, ambientais e de planejamento territorial. O estudo das bacias hidrográficas sob diferentes perspectivas não apenas aprimora o conhecimento teórico, mas também fornece subsídios essenciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos, a conservação ambiental e o planejamento espacial (Quadro 1).

Quadro 1. Abordagens Teóricas sobre Bacias Hidrográficas.

Autor	Conceito de Bacia Hidrográfica
Strahler (1957)	Considera a bacia hidrográfica como a unidade fundamental de estudo hidrológico, onde a rede de drenagem e a topografia interagem no processo de escoamento superficial. A área de uma bacia é um determinante principal do escoamento total ou da produção de sedimentos, frequentemente ajustada por unidade de área.
Christofoletti (1980)	Um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem.
Lima e Zakia (2000)	As bacias hidrográficas são sistemas abertos que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio. Mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico, descritas em termos de variáveis interdependentes que oscilam em torno de um padrão.
Barrella (2001)	Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas escoam superficialmente ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.
Schiavetti e Camargo (2002)	Uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e a descarrega por um único canal de saída.
Tucci (2007)	A bacia hidrográfica é entendida como uma unidade territorial delimitada por divisores de água, onde ocorrem processos hidrológicos interdependentes.
Almeida (2015)	A bacia hidrográfica é considerada uma unidade de análise do meio ambiente, sendo possível entender as ações humanas sobre o ambiente e suas consequências sobre o equilíbrio hidrológico.
Piroli (2021)	As bacias hidrográficas são áreas da superfície terrestre definidas pelo escoamento superficial e subsuperficial das águas das chuvas que, ao caírem, são direcionadas pela força da gravidade, a partir dos divisores de água, para as regiões mais baixas do relevo predominantemente por ravinas, canais, córregos e tributários, até alcançar o rio principal.
Gomes, Bianchi e Oliveira (2021)	A bacia hidrográfica é um objeto de estudo utilizado pela Geografia e pelas Ciências Ambientais, por isso novas definições foram criadas, compatibilizando essa célula de análise espacial e de planejamento com os estudos integrados.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Portanto, esses autores têm contribuído para a definição e interpretação destes conceitos, destacando sua relevância na captação, escoamento e armazenamento da água, bem como no equilíbrio hidrológico e na gestão ambiental. Strahler (1957) introduziu a bacia hidrográfica como a unidade básica de estudo hidrológico, enfatizando a interação entre a rede de drenagem e a topografia. Christofoletti (1980) reforçou essa abordagem ao definir a bacia como um conjunto inter-relacionado de canais de escoamento, destacando sua estrutura dinâmica. Lima e Zakia (2000) descreveram as bacias hidrográficas como sistemas abertos sujeitos a processos naturais e ações antrópicas, enquanto Barrella (2001) ressaltou a relação entre a bacia hidrográfica e os processos de infiltração e recarga aquífera. Tucci (2007) reforçou a delimitação da bacia hidrográfica como uma unidade territorial onde ocorrem processos hidrológicos interdependentes, fundamentais para a gestão dos recursos hídricos.

A interseção entre Uso e Cobertura da Terra e Bacias Hidrográficas reforça a necessidade de uma abordagem integrada do território. Segundo Strahler (1957), as bacias hidrográficas constituem a unidade fundamental de estudo hidrológico, onde os processos de escoamento e a estrutura da rede de drenagem são diretamente influenciados pelo uso e ocupação do solo. Christofoletti (1980) complementa essa visão ao destacar que a bacia hidrográfica funciona como um sistema

interdependente de canais de escoamento, evidenciando a relação entre a dinâmica hidrológica e as atividades humanas que impactam a qualidade e a disponibilidade da água. Estudos mais recentes, como os de Piroli (2021) e Gomes, Bianchi e Oliveira (2021), reforçam essa perspectiva, considerando as bacias hidrográficas como unidades de análise fundamentais para o planejamento ambiental e a gestão dos recursos hídricos, integrando aspectos físicos, ecológicos e socioeconômicos.

Portanto, o conceito de Uso e Cobertura da Terra está intrinsecamente ligado à compreensão da organização espacial dos territórios e sua relação com os processos naturais e antrópicos. Conforme descrito no Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), a Cobertura da Terra refere-se aos elementos físicos que compõem a superfície terrestre, como florestas, áreas agrícolas, pastagens e zonas urbanas, enquanto o Uso da Terra está relacionado às atividades humanas que ocorrem sobre essa cobertura, como agricultura, pecuária, indústria e conservação ambiental. Essa distinção é essencial para estudos de planejamento territorial, pois permite uma análise integrada das transformações da paisagem e suas implicações socioambientais, auxiliando na formulação de políticas públicas, gestão de recursos naturais e desenvolvimento sustentável.

A necessidade de compreender os padrões atuais de uso e cobertura da terra é urgente para o planejamento territorial sustentável, visando mitigar conflitos ambientais e promover práticas de desenvolvimento que sejam ambientalmente responsáveis. Nesse contexto, a aplicação de geotecnologias, especialmente através de softwares livres como MapBiomas e QGIS, oferece uma solução acessível e eficiente para análise espacial detalhada, fornecendo dados robustos para embasar políticas públicas e estratégias de conservação.

Já o planejamento ambiental é um instrumento essencial para a gestão sustentável dos recursos naturais, diretamente influenciado pela legislação ambiental vigente (Ross, 2006). Nesse contexto, as geotecnologias desempenham um papel fundamental na análise, monitoramento e tomada de decisões, especialmente em bacias hidrográficas de pequeno porte, onde a pressão antrópica pode comprometer a qualidade dos ecossistemas (Aquino; Valladares, 2012). O uso de softwares livres para a classificação do uso e cobertura da terra proporciona uma abordagem acessível e replicável, favorecendo maior transparência e eficiência na aplicação das normativas ambientais. Dessa forma, a integração entre geotecnologias e legislação ambiental fortalece estratégias de conservação, ordenamento territorial e fiscalização, promovendo um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação dos recursos naturais.

No contexto do planejamento ambiental, a organização das atividades humanas em consonância com a sustentabilidade é um dos grandes desafios contemporâneos. Floriano (2004), Honda (2015), Santos (2004), Rodriguez *et al.* (2004) e Franco (2001) discutem diferentes abordagens para minimizar os impactos ambientais e garantir uma ocupação racional do território. Mais recentemente, Castro e Lemos (2016) destacam a necessidade de integrar a conservação dos recursos naturais com o desenvolvimento econômico, enquanto Galvão (2023) enfatiza a importância do planejamento e gestão ambiental como um processo sistemático de tomada de decisões para equilibrar crescimento e preservação.

Franco (2001), enfatiza a importância das bases naturais para a sustentação da vida e suas relações ecossistêmicas dentro de um território. Esta perspectiva geográfica ressalta a necessidade de reconhecer a singularidade dos recursos naturais e a sua distribuição espacial ao conceber políticas de planejamento. É crucial para gestores territoriais priorizar a conservação dos ecossistemas locais e suas funções. Santos (2004), propõe um planejamento que integra sistemas ecológicos e processos sociais. Essa integração é vital para o planejamento regional, onde compreender as relações intersistêmicas

pode ajudar a formular políticas sustentáveis. É importante para o geógrafo considerar não apenas os fatores ambientais, mas também os contextos sociopolíticos que influenciam a gestão territorial. Rodriguez *et al.* (2004), faz uma análise integrada da paisagem, proposta por Rodriguez *et al.*, utiliza métodos técnico-analíticos para entender a estrutura da paisagem.

Dessa forma, os conceitos de Uso e Cobertura da Terra, Bacia Hidrográfica e Planejamento Ambiental convergem para a necessidade de estratégias de gestão territorial que considerem tanto a dinâmica natural quanto os processos socioeconômicos e para aprimorar as discussões, é indispensável mencionar a importância das legislações ambientais na gestão da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo.

Esta abordagem sistêmica permite que planejadores avaliem como mudanças na paisagem podem influenciar processos naturais e sociais. Tal análise é fundamental na geografia física, ajudando a predizer impactos ecológicos e a planificar o uso do solo de forma mais eficaz. Floriano (2004), vê o planejamento como um esforço organizacional para maximizar impactos positivos e minimizar os negativos. Este enfoque é especialmente relevante na geografia aplicada, onde práticas colaborativas e gestão de recursos naturais são implementadas para alcançar a sustentabilidade. A geografia oferece ferramentas para entender melhor como essas práticas podem ser aplicadas em diferentes contextos territoriais. Castro e Lemos (2016) e Galvão (2023), destacam o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental. Para um geógrafo, isso significa reconhecer e mapear o potencial dos recursos naturais, garantindo que o uso destes seja sustentável e equitativo.

Em consonância com essas análises ambientais, temos as leis de suporte, como a Constituição Federal de 1988, especificamente em seu artigo 225, visa garantir a proteção do meio ambiente, consagrando o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, reconhecendo-o como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Ao mesmo tempo, impõe ao poder público e à coletividade o dever jurídico de defendê-lo e preservá-lo, assegurando a sua integridade para as presentes e futuras gerações.

No entanto, a implementação efetiva dessas normas enfrenta desafios significativos, como a falta de fiscalização adequada, a dificuldade de monitoramento em áreas extensas e de difícil acesso, e a resistência de alguns proprietários rurais em cumprir as exigências legais. Tais desafios comprometem a eficácia das medidas de conservação e a proteção dos recursos naturais.

De acordo com Araújo *et al.* (2008, p. 19) “A degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra.

A Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, é uma das normas mais relevantes para a conservação da Bacia do Rio do Pombo. Ela estabelece princípios como a descentralização da gestão e a participação da sociedade civil, além de definir instrumentos eficazes, como o enquadramento dos corpos d’água, a outorga de uso da água e a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Essa legislação possibilita a articulação entre diferentes setores e usuários da bacia, promovendo uma gestão integrada e participativa.

Outro marco legal de grande importância é a Lei nº 12.651/2012 Novo Código Florestal, que protege as Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas margens dos rios, nascentes e encostas. Essas áreas são essenciais para a proteção dos cursos d’água do Rio do Pombo, pois atuam na manutenção da qualidade da água, na redução do assoreamento e na conservação da biodiversidade. A legislação ambiental brasileira, especialmente o Novo Código Florestal Brasileiro – nº 12.651 de 2012, estabelece diretrizes rigorosas para a proteção da vegetação nativa. Esta legislação inclui a

delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), que são essenciais para a conservação da biodiversidade e a proteção dos recursos hídricos. As APPs são áreas protegidas ao longo de rios, encostas e topos de morros, enquanto as RLs são porções de propriedades rurais que devem ser mantidas com vegetação nativa. A implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) também contribui para o monitoramento das propriedades e o cumprimento das exigências legais.

Além disso, a Lei nº 11.445/2007, que trata do saneamento básico, complementa a proteção hídrica ao estabelecer diretrizes para o tratamento de esgoto e o manejo adequado das águas pluviais. Tais medidas são fundamentais para prevenir a contaminação dos afluentes da bacia e promover a saúde pública nas comunidades ribeirinhas.

A atuação da Agência Nacional de Águas (ANA), conforme previsto na Lei nº 9.984/2000, reforça a fiscalização e o planejamento do uso da água em bacias de interesse regional, como a do Rio do Pombo. Já normas específicas, como a Resolução CONAMA nº 357/2005, asseguram padrões de qualidade para os corpos d'água, orientando ações de monitoramento e controle da poluição.

Portanto, o conjunto de legislações ambientais brasileiras fornece os instrumentos legais e técnicos necessários para garantir a sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, protegendo seus recursos hídricos e promovendo o equilíbrio entre desenvolvimento e conservação ambiental.

A preservação da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo é de fundamental importância para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, a conservação da biodiversidade e a garantia da sustentabilidade socioeconômica das comunidades que dela dependem. A gestão integrada e participativa das bacias hidrográficas, baseada na articulação entre diferentes setores sociais e institucionais, tem se mostrado uma estratégia eficaz para conciliar conservação ambiental e desenvolvimento sustentável (Philippi Jr. et al., 2010). Essa abordagem considera os múltiplos usos dos recursos hídricos, promove a equidade no acesso e estimula a corresponsabilidade dos atores locais na proteção dos ecossistemas aquáticos (Tucci, 2006).

Nesse contexto, as geotecnologias configuram-se como ferramentas fundamentais no apoio à gestão ambiental, oferecendo subsídios técnicos para o monitoramento e a análise do território. O sensoriamento remoto, por meio da captação de dados da superfície terrestre com o uso de sensores embarcados em satélites e aeronaves, permite a obtenção de informações precisas, periódicas e de ampla cobertura sobre variáveis ambientais, como a cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo (Moreira, 2011). Associados a essas técnicas, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) viabilizam a organização, manipulação e cruzamento de dados espaciais e alfanuméricos, facilitando a detecção de padrões e tendências ambientais, bem como a elaboração de diagnósticos territoriais integrados (Câmara; Medeiros, 1998).

MÉTODOS E TÉCNICAS

A metodologia adotada neste estudo para analisar a classificação de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio do Pombo estruturou-se em etapas sequenciais interconectadas. Cada etapa foi cuidadosamente planejada para garantir que os dados geoespaciais fossem processados de forma eficiente, resultando em análises precisas que pudessem informar decisões estratégicas sobre gestão e conservação ambiental.

Para a realização deste estudo, foi essencial o uso de diversas ferramentas e fontes de dados que permitiram uma análise abrangente e detalhada da área em questão. A aplicação de softwares de geoprocessamento, juntamente com a utilização de bancos de dados ricos em informações, constituiu a base metodológica do trabalho.

O uso do QGIS, um software livre de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foi crucial para o processamento e visualização de dados geoespaciais. Sua interface acessível e a capacidade de integrar diferentes camadas de informação permitiram a criação de mapas temáticos detalhados, essenciais para a análise de uso e cobertura da terra. Complementarmente, o MapBiomass, uma plataforma colaborativa que documenta a mudança do uso do solo no Brasil por meio de mapeamento anual, forneceu dados vitais que embasaram análises temporais de alterações na cobertura territorial.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), acessível em www.ibge.gov.br, forneceu um conjunto robusto de dados estatísticos, o que foi instrumental na construção de um banco de dados detalhado e preciso. Esses dados foram fundamentais para apoiar estudos analíticos e descritivos sobre a população, economia e características ambientais da área de estudo.

A consulta à Enciclopédia das Águas do Mato Grosso do Sul, disponível em, contribuiu com dados específicos sobre recursos hídricos, oferecendo informações cruciais para a compreensão das dinâmicas hidrográficas e características ambientais locais.

O Quadro 2 ilustra essa metodologia estruturada, destacando as etapas desde a coleta e processamento de dados até a análise e proposição de recomendações.

Quadro 2. Proposta de Metodologia de Estudo.

ETAPAS DESCRIÇÃO	ATIVIDADES PRINCIPAIS	SITES UTILIZADOS
1 – Revisão Bibliográfica: Trabalhos de gabinete com análise de estudos e fontes confiáveis.”	Revisão em bases acadêmicas, como SciELO e Google Acadêmico, visando embasar teoricamente o estudo sobre bacias hidrográficas	scholar.google.com www.scielo.org
2 – Composição Teórica da Estrutura Sistêmica	Desenvolvimento de uma compreensão sistêmica das bacias hidrográficas. Enfoque no Sistema Rio Paraná, Subsistema Rio Verde e Rio do Pombô, destacando a importância ambiental na dinâmica regional.	
3 – Levantamento de Dados Cartográficos e Utilização de fontes cartográficas e dados geoespaciais para delimitação da área de estudo	Uso de dados do IBGE, projeto MapBiomass (coleção 8) e QGIS 3.16.15 para a análise histórica do uso e cobertura do solo. Aquisição de Imagens	www.ibge.gov.br www.mapbiomas.org
4 – Delimitação das Bacias Hidrográficas e seus Afluentes	Identificação e delimitação precisam dos limites da bacia e seus afluentes. Uso do plugin r.watershed no QGIS, com ajustes baseados na Enciclopédia das Águas do MS, para análise dos afluentes.	www.encyclopediad das aguas.ms.gov.br
5 – Análise de Dados do MapBiomass	Aplicação de recortes espaciais para análise da evolução do uso e cobertura da terra. Definição da área de interesse e análise da série histórica disponibilizada pelo MapBiomass para identificar padrões.	www.mapbiomas.org
6 – Conversão das Bacias Hidrográficas de Matriz para Vetor no QGIS	Processamento e análise das matrizes de dados de uso e cobertura da terra. Processamento no QGIS, com conversões de dados, cálculos estatísticos e análise das mudanças no uso da terra, ferramentas estatísticas adicionais (como Excel) serão usadas para análise das funções estatísticas necessárias.	www.qgis.org
7 – Visualização e Exportação	Representação gráfica e visual dos dados processados. Geração de mapas temáticos no QGIS e exportação dos layouts para relatórios ou apresentações científicas.	www.qgis.org
8- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)	O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) é uma medida amplamente utilizada em estudos ambientais para avaliar a saúde e a cobertura vegetal. O NDVI é um índice espectral que aproveita as propriedades dos níveis de radiação e reflexão da luz solar pela vegetação, especialmente nas faixas do vermelho e do infravermelho próximo. Ele se baseia na diferença entre a refletância do infravermelho próximo (NIR) e a refletância do vermelho (RED), onde valores de NIR altos e RED baixos indicam vegetação saudável e densa, enquanto valores baixos de NIR e altos de RED indicam vegetação escassa ou áreas sem vegetação. A fórmula do NDVI é expressa por: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$.	www.qgis.org
8 - Geração do Mapa Final	Consolidação das análises e geração de produtos cartográficos. Produção dos mapas finais representando mudanças na Bacia do Rio do Pombô nos anos de 1985, 2009, 2012 e 2022.	www.mapbiomas.org www.qgis.org

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Cada etapa foi projetada para construir sobre a anterior, garantindo uma abordagem metódica e abrangente para a análise da classificação de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio do Pombo, com o apoio de geotecnologias avançadas e SIG.

A utilização do NDVI⁶ permitiu a variação da cobertura vegetal e mostrou tendências ambientais que impactam diretamente o equilíbrio da bacia hidrográfica. A perda de vegetação nativa, indicada por áreas com baixos valores de NDVI, aponta para processos de degradação ambiental que podem comprometer a capacidade da bacia em regular seus fluxos hídricos e ecológicos. Schiavetti e Camargo (2002) ressaltam a importância do monitoramento contínuo para diminuir os efeitos dessas transformações e garantir um manejo sustentável da bacia.

O uso combinado do MapBiomas e QGIS possibilitou uma avaliação das mudanças espaciais na vegetação, promovendo uma abordagem integrada para subsidiar ações de conservação e planejamento sustentável. Aquino e Valladares (2012) destacam que essas tecnologias ampliam a capacidade de compreensão e gestão do território, permitindo a formulação de políticas ambientais embasadas em dados concretos.

O planejamento ambiental da bacia deve considerar os padrões espaciais do NDVI para direcionar estratégias de restauração ecológica e mitigação de impactos. A identificação de áreas críticas, onde os índices de vegetação diminuíram consideravelmente, permite a implementação de programas de reflorestamento e manejo sustentável da agricultura e silvicultura. Essas medidas estão alinhadas com a visão de Ross (2006), que enfatiza a necessidade de intervenções estratégicas em bacias hidrográficas para preservar suas funções ambientais e garantir o uso racional dos recursos naturais.

Dessa forma, o NDVI se apresenta como um indicador eficiente para monitoramento ambiental, permitindo avaliar a saúde da vegetação ao longo do tempo e orientar políticas públicas voltadas à conservação e uso sustentável do solo.

TRANSFORMAÇÕES NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO POMBO (2012–2022)

O MapBiomas foi utilizado para a análise temporal do uso e cobertura da terra, permitindo identificar padrões e transformações na paisagem ao longo do período estudado. Essa abordagem é corroborada por Piroli (2021) ao destacar o papel dos mapeamentos temporais no entendimento das mudanças territoriais. Em paralelo, o QGIS viabilizou tarefas como a delimitação da bacia e a análise espacial dos dados geográficos, facilitando a geração de produtos cartográficos detalhados, conforme descrito por QGIS Development Team (2020). A combinação dessas tecnologias reafirma seu papel como facilitadores de análises ambientais integradas, colaborando para compreender as relações entre processos naturais e antrópicos que moldam as paisagens, como defendido por Christofolletti (1999).

Esse crescimento está associado à ampliação de áreas de plantio de eucalipto, voltadas para a produção de madeira e celulose, atividades predominantes na região. De acordo com Rodrigues et al. (2016), o avanço da silvicultura pode afetar a dinâmica hidrológica de bacias hidrográficas, alterando o regime de infiltração e aumentando a demanda hídrica da vegetação.

Conforme evidenciado pelo mapa, o mapeamento do uso e cobertura do solo nos anos de 2012 e 2022, realizado pelo MapBiomas, oferece uma análise detalhada da dinâmica da ocupação do território ao longo da última década. A partir desses dados, é possível observar as transformações nos padrões

de uso da terra, incluindo a expansão de áreas urbanas, mudanças no uso agrícola e a modificação de vegetações nativas, o que reflete as pressões socioeconômicas e ambientais sobre o território. A comparação entre os dois anos permite identificar tendências de degradação, conservação e expansão de atividades econômicas, contribuindo para a compreensão das mudanças no meio ambiente e suas implicações para o planejamento territorial e a sustentabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Análise Temporal do Uso da Terra na Bacia do Rio do Pombo.

CATEGORIAS DE COBERTURA DA TERRA	ÁREA EM 2012 (km ²)	% DA ÁREA TOTAL EM 2012	ÁREA EM 2022 (km ²)	% DA ÁREA TOTAL EM 2022
Cana	670 km ²	0,00%	12.650 km ²	0,01%
Soja	3.269 km ²	0,00%	503 km ²	0,00%
Formação Campestre	14.940 km ²	0,01%	159.039 km ²	0,08%
Área não vegetada	63.705 km ²	0,03%	147.888 km ²	0,07%
Outras Lavouras Temporárias	84.768 km ²	0,04%	16.418 km ²	0,01%
Corpo D'água	104.605 km ²	0,05%	74.089 km ²	0,04%
Campo Alagado	9.283.178 km ²	4,63%	11.331.020 km ²	5,66%
Formação Savânica	9.949.896 km ²	4,97%	7.787.814 km ²	3,89%
Mosaico de Usos	14.286.877 km ²	7,13%	18.887.467 km ²	9,42%
Silvicultura	17.325.322 km ²	8,65%	39.480.190 km ²	19,70%
Formação Florestal	18.337.343 km ²	9,15%	16.829.494 km ²	8,40%
Pastagem	130.954.996 km ²	65,35%	105.682.998 km ²	52,74%
Total	200.409.569 km²	100%	200.409.569 km²	100%

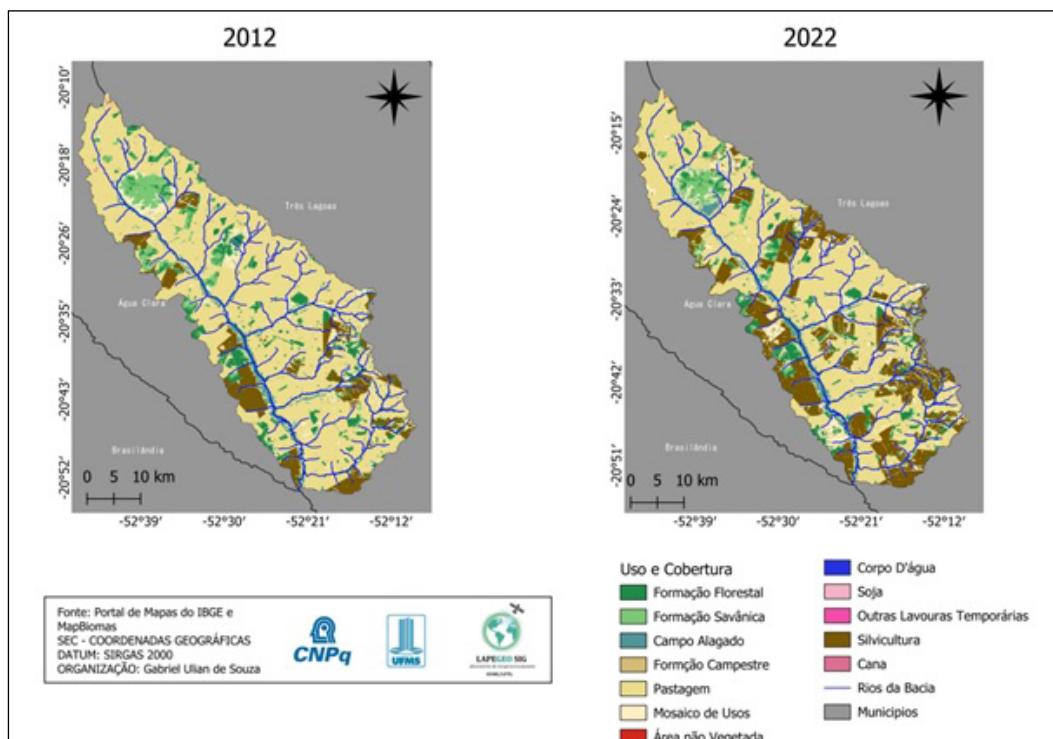
Fonte: QGIS - MAPBIOMAS 2012-2022. Elaborado pelos autores (2025).

Essas ferramentas ofereceram suporte essencial à análise da dinâmica ambiental da bacia hidrográfica e subsídios para futuras propostas de planejamento e conservação, alinhando-se à perspectiva estratégica apresentada por Ross (2006) no trato de bacias hidrográficas. Especificamente para os anos de 2012 e 2022, as análises temporais foram aplicadas com base em critérios metodológicos fortalecidos pela visão de Barrella *et al.* (2001) sobre o impacto de atividades antrópicas e seus desdobramentos no uso do solo.

A análise do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, no período de 2012 a 2022, evidencia transformações significativas nas categorias de cobertura da terra, destacando o aumento da área destinada à silvicultura, que passou de 173,25 km² (8,65% da área total) em 2012 para 394,80 km² (19,70%) em 2022 (Figura 2).

As pastagens, que reduziram de 65,35% para 52,74% do território no mesmo período, foram convertidas principalmente em mosaicos de usos e áreas de silvicultura. Embora essa transição sinalize uma diversificação econômica, a falta de planejamento sustentável pode acarretar maior pressão sobre os remanescentes florestais, comprometendo os processos de retenção hídrica e a capacidade

capacidade da paisagem de armazenar carbono, conforme observado por Christofeletti (2001). Além disso, a substituição das áreas naturais por terrenos cultivados ou vegetação rala gera padrões de cobertura do solo que intensificam o escoamento superficial e a degradação geomorfológica, indicando risco à integridade ambiental da bacia, como apontado por Rodrigues *et al.* (2016).



Fonte: Portal de Mapas do IBGE, QGIS, MapBiomass. Org: Os autores.

Figura 2. Mapa de Uso e Cobertura na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo MS/BR de 2012 e 2022.

Já a paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, em 2022 foi marcada pela fragmentação das formações naturais, em que áreas de formação florestal e savânica coexistem de forma reduzida e isolada em um mosaico de usos, pastagens, monoculturas (soja, cana, eucalipto) e áreas não vegetadas. O NDVI, com variação de 0,52 (áreas de vegetação densa) a -0,03 (áreas de baixa cobertura vegetal), reforça essa dinâmica, refletindo o impacto das práticas agrícolas e da conversão contínua de pastagens e formações naturais para usos econômicos intensivos. Essa interferência antrópica é evidenciada por um aumento expressivo do mosaico de usos, que cresceu de 7,13% para 9,42% da área analisada entre 2012 e 2022, promovendo a fragmentação de habitats e impactos como erosão e assoreamento em APPs (Áreas de Proteção Permanente), conforme destacado por Barbosa (2023).

Outras transformações significativas incluem o aumento de áreas não vegetadas e formações campestres, evidenciando a intensificação no uso agrícola do solo e mudanças no manejo da terra. Embora essas alterações internas à bacia possam estimular ganhos econômicos pontuais, os impactos sobre os serviços ecossistêmicos — como retenção de sedimentos, biodiversidade e qualidade da água — demandam atenção na gestão territorial. Estratégias de conservação, como o reflorestamento de corredores ecológicos e a proteção de APPs, quando combinadas a práticas agrícolas sustentáveis, são essenciais para assegurar a resiliência e a sustentabilidade ambiental no contexto de expansão e

diversificação econômica. Essas alterações no uso da terra também podem aumentar a vulnerabilidade da bacia a fenômenos climáticos, como secas prolongadas e eventos de chuva intensa, reforçando a necessidade de um monitoramento integrado para sua gestão sustentável.

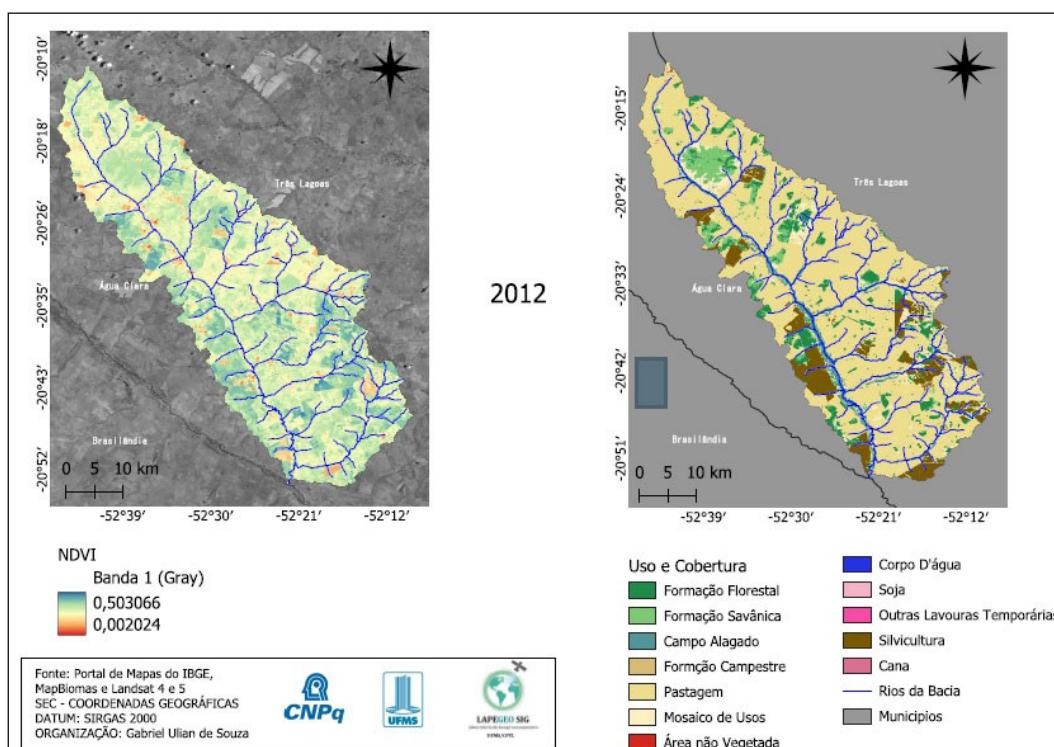
Em contrapartida, as áreas classificadas como “Formação Savânica” e “Formação Florestal” diminuíram: a “Formação Savânica” passou de 99,49 km² (4,97%) para 77,87 km² (3,89%), enquanto a “Formação Florestal” caiu de 183,37 km² (9,15%) para 168,29 km² (8,40%). Essa redução reflete a expansão de atividades econômicas, como a agricultura e a silvicultura, que pressionam áreas de vegetação nativa. Para Rodrigues *et al.* (2016), a diminuição de formações vegetais compromete funções ecossistêmicas críticas, como o controle da erosão, a regulação de recursos hídricos e a conservação da biodiversidade.

Conforme Christofoletti (2001), o comportamento de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionado às condições naturais e às intervenções humanas. A dinâmica observada na Bacia do Rio do Pombo evidencia a necessidade de políticas públicas integradas que promovam o uso sustentável do solo e a preservação de remanescentes vegetais. A adoção de sistemas de monitoramento, como o uso de tecnologias do MapBiomas, combinado a ferramentas GIS, é crucial para avaliar mudanças na paisagem e viabilizar estratégias de mitigação que garantam o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental.

Dados cartográficos obtidos pelo IBGE (2024) e pelo MapBiomas indicam ainda áreas de formação campestre, fragmentos florestais e áreas não vegetadas, alinhando-se ao exposto por Gomes, Bianchi e Oliveira (2021), que discutem a multidimensionalidade dos conceitos para análise de bacias hidrográficas. A rede de drenagem mediana demanda ações voltadas ao manejo sustentável, uma preocupação destacada por Schiavetti e Camargo (2002) dentro do contexto do planejamento ambiental. Um acompanhamento contínuo, associado à implementação de políticas de conservação, torna-se essencial diante dos desafios ambientais, imobiliários e ecológicos da região.

A análise integrada do NDVI e do mapa de uso/cobertura da terra para 2022 evidencia uma paisagem profundamente impactada pelas atividades antropogênicas. O NDVI, que varia de -0,03 a 0,52, reflete claramente a diferenciação entre áreas com maior densidade de vegetação natural (como formações florestais e savânicas) e áreas alteradas para usos como pastagem, silvicultura e monoculturas agrícolas, como soja e cana-de-açúcar. Regiões com NDVI mais elevado representam vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto os índices mais baixos predominam em áreas de uso intensivo do solo, indicando degradação e substituição da cobertura vegetal original. Tal padrão reforça a homogeneização da paisagem e a consequente diminuição da diversidade ecológica.

A análise comparativa do uso e cobertura e do NDVI em 2012, apresentada na Figura 3, evidencia a urgência de medidas voltadas à proteção da vegetação remanescente e ao controle da expansão agrícola sobre áreas ambientalmente sensíveis. A relação entre planejamento ambiental e geotecnologias reforça a necessidade de um acompanhamento contínuo da dinâmica da paisagem, garantindo uma gestão territorial mais equilibrada e sustentável.



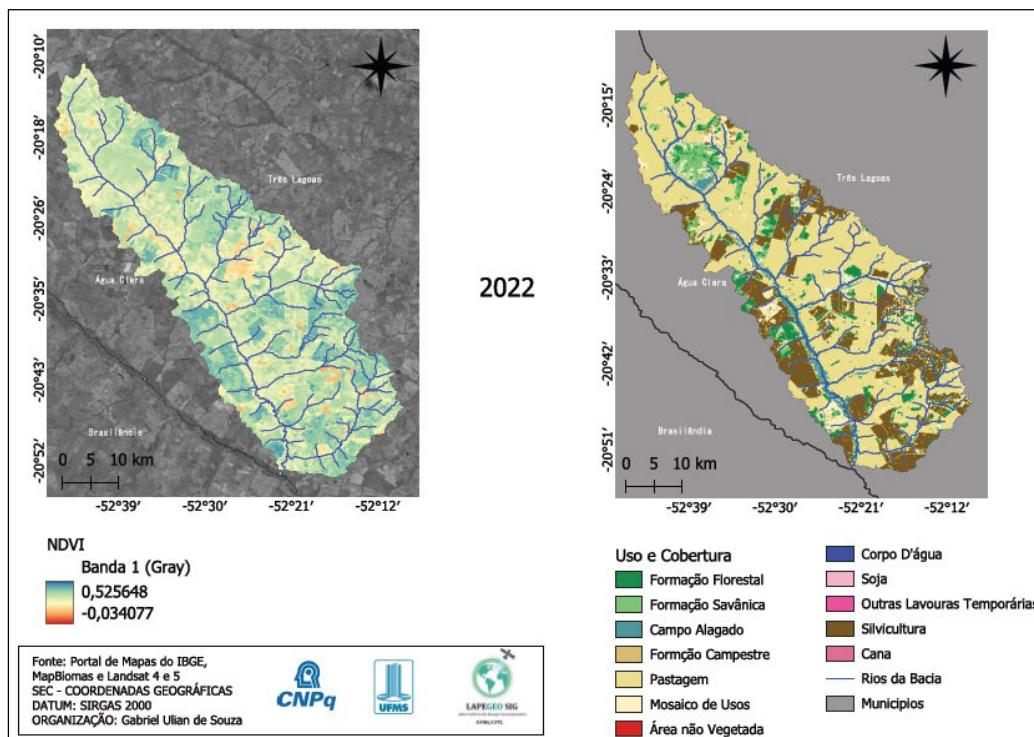
Fonte: Portal de Mapas do IBGE, QGIS, MapBiomas.

Figura 3. Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo - Análise comparativa uso e cobertura e NDVI 2012.

O mapa de uso e cobertura da terra, revela uma fragmentação da vegetação nativa, com monoculturas agrícolas dominando as áreas planas e próximas aos rios. A conversão de formações florestais para pastos e lavouras compromete serviços ecossistêmicos críticos, como retenção hídrica, estabilidade do solo e sequestro de carbono. A substituição de vegetação nativa por culturas agrícolas ainda aumenta os riscos de impacto hidrológico, como o assoreamento de cursos d’água, agravado pelo manejo inadequado do solo e pela ausência de preservação eficaz das Áreas de Proteção Permanente (APPs). Ademais, essa simplificação das paisagens reduz a resiliência ecológica frente a mudanças climáticas e configura desafios de longo prazo para a sustentabilidade ambiental.

Portanto, o cenário analisado aponta para a urgência de promover modelos produtivos mais sustentáveis, que equilibrem o uso econômico do solo com a conservação ambiental. Estratégias como a restauração de corredores ecológicos, o reflorestamento de Áreas de Preservação Permanente e a adoção de práticas agrícolas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)⁷ podem contribuir para diminuir os impactos na biodiversidade e restaurar funções ecológicas essenciais, promovendo a resiliência socioambiental da região.

A análise do NDVI na Bacia Hidrográfica do Pombo e Três Lagoas, MS, em 2022, com o uso das imagens do Landsat 8 e 9, bandas 4 (RED) e 5 (NIR), revelou variações entre -0,03 e 0,52, indicando desde vegetação densa até áreas degradadas ou corpos d’água. As formações florestais e a silvicultura mantiveram os maiores índices, enquanto pastagens, solos expostos e áreas agrícolas apresentaram valores menores (Figura 4).



Fonte: Portal de Mapas do IBGE, QGIS, MapBiomas.

Figura 4. Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo - Análise comparativa uso e cobertura e NDVI 2022.

A análise conjunta da imagem do NDVI e do mapa de uso e cobertura da terra em 2022 reforça uma relação direta entre o vigor da vegetação e os diferentes tipos de uso do solo na área de estudo. O NDVI apresenta valores elevados (tons esverdeados) nas áreas correspondentes a Formações Florestais e Formações Savânicas, como demonstrado no mapa de uso e cobertura, enquanto os valores mais baixos (tons avermelhados) estão associados a áreas ocupadas por monoculturas, como soja, cana-de-açúcar e silvicultura, bem como pastagens. Essa correlação evidencia os efeitos do manejo da terra sobre a saúde da vegetação e a capacidade fotossintética.

O mapa de uso do solo destaca uma intensa fragmentação da vegetação natural, com as formações florestais e savânicas limitadas a manchas isoladas, muitas vezes localizadas próximas às margens dos rios ou em áreas específicas de difícil acesso para a expansão agrícola. Essa fragmentação está diretamente refletida no NDVI, que indica uma redução significativa na densidade vegetal em extensas áreas destinadas a monoculturas e pastagens. Além disso, as áreas com menor índice de NDVI estão concentradas em porções da bacia hidrográfica que exibem maior intervenção antrópica, como áreas dedicadas à produção de soja, cana e silvicultura, atividades conhecidas por reduzir substancialmente a riqueza ecológica do solo e a biomassa sobre a superfície.

A combinação dessas análises evidencia que a substituição de formações naturais por monoculturas e outras práticas agrícolas está associada à heterogeneização espacial dos serviços ecossistêmicos, comprometendo a retenção hídrica, o estoque de carbono e a proteção das margens dos rios. O cenário demanda a aplicação de medidas de planejamento sustentável, como reflorestamento de corredores ecológicos, restauração de Áreas de Proteção Permanente (APPs) e práticas agrícolas que amenizem a pressão sobre os recursos naturais. Sem isso, a fragmentação continuará prejudicando a resiliência ecológica da área de estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada identificou áreas de maior vulnerabilidade ambiental e potenciais para restauração ecológica na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, em Três Lagoas-MS. O uso integrado de informações geoespaciais, por meio de geotecnologias como QGIS e MapBiomas, ampliou a compreensão dos padrões e tendências da paisagem, oferecendo subsídios relevantes para o planejamento ambiental sustentável e para o direcionamento de ações prioritárias na gestão do território.

Os dados produzidos a partir da análise da classificação de uso e cobertura da terra, viabilizada por sistemas de informações geográficas (SIG), revelaram mudanças significativas no uso dos recursos naturais ao longo dos anos. O detalhamento gerado pelos mapas temáticos possibilitou a identificação de áreas prioritárias para reflorestamento e de zonas vulneráveis que exigem medidas urgentes de conservação e manejo sustentável.

Observou-se, ainda, uma redução nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar e soja, sinalizando uma transição para outros usos do solo. Em contrapartida, houve aumento em categorias como campo alagado e área pantanosa, além da expansão de áreas de pastagem, o que indica tanto esforços de conservação quanto pressões crescentes sobre os ecossistemas naturais decorrentes da atividade pecuária.

A aplicação da Teoria Geral dos Sistemas (Christofoletti, 1980) foi essencial para compreender as dinâmicas interdependentes entre solo, vegetação, água e ação humana, permitindo analisar a bacia como um sistema aberto e dinâmico. Isso foi fundamental para identificar padrões de alteração da paisagem e impactos ambientais associados às práticas de uso do solo, orientando intervenções mais integradas e sistêmicas na bacia.

O uso de ferramentas livres como o QGIS e dos dados do MapBiomas, aliado à integração de análises como NDVI e mapas de uso do solo, demonstrou-se fundamental para embasar o planejamento ambiental local. Esses resultados contribuem de forma concreta para a gestão ambiental e para a tomada de decisões fundamentadas pelas autoridades ambientais, potencializando a conservação dos recursos naturais e a restauração de áreas degradadas.

Por fim, os achados deste estudo oferecem uma base sólida para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e para o fortalecimento de ações de planejamento ambiental alinhadas à legislação vigente, como o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e o Cadastro Ambiental Rural. A continuidade do monitoramento geoespacial será essencial para acompanhar mudanças futuras e garantir a sustentabilidade e o bem-estar das comunidades locais, promovendo, assim, a conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade na bacia do Rio do Pombo.

NOTAS

5 A *Encyclopédia das Águas de Mato Grosso do Sul* é uma obra publicada em 2014 pelo Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso do Sul (IHGMS). Este levantamento inédito catalogou aproximadamente 7.200 cursos d'água no estado, incluindo córregos, rios e vazantes, tornando-se uma referência para estudos nas áreas de geografia, hidrografia, história, cultura, turismo e meio ambiente - <https://ihgms.org.br/vc-sabia/o-que-e-a-encyclopédia-das-aguas-de-mato-grosso-do-sul-158>.

6 O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) surgiu na década de 1970 como uma resposta à necessidade de métodos quantitativos para o monitoramento ambiental. O trabalho pioneiro

de Rouse *et al.* (1973), pesquisadores da NASA e da Texas A&M University desenvolveram esse índice para avaliar a vegetação a partir de imagens de satélite, utilizando a razão entre bandas espectrais do sensor MSS do Landsat 1. Desde então, o NDVI tornou-se um dos principais índices do sensoriamento remoto, sendo amplamente utilizado para monitorar ecossistemas em diferentes escalas.

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é uma estratégia de produção que vem crescendo no Brasil nos últimos anos. Trata-se da utilização de diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais dentro de uma mesma área. Pode ser feita em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, de forma que haja benefício mútuo para todas as atividades. Esta forma de sistema integrado busca otimizar o uso da terra, elevando os patamares de produtividade em uma mesma área, usando melhor os insumos, diversificando a produção e gerando mais renda e emprego. Tudo isso, de maneira ambientalmente correta, com baixa emissão de gases causadores de efeito estufa ou mesmo com mitigação desses gases. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V.; LANDSBERG, J. J.; REZENDE, G. D. Modificações hidrológicas causadas pelo cultivo de eucaliptos em áreas tropicais e subtropicais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 1, p. 45-57, 2007.
- ALMEIDA, M. I. S. A bacia hidrográfica como unidade fundamental de análise da paisagem: a bacia do Pacuí e a sua relação com a bacia do São Francisco. **Revista Cerrados**, Montes Claros/MG, v. 13, n. 1, p. 95-110, 2015. Disponível em: www.redalyc.org. Acesso em: 20 mar. 2025.
- AQUINO, C. S.; VALLADARES, G. S. Geografia, geotecnologias e planejamento ambiental. **Revista Geografia**, v. 21, n. 1, p. 45-60, 2012. Disponível em: ojs.uel.br. Acesso em: [data de acesso].
- VELINO, Maria Clara Godinho Somer; MIRANDOLA-GARCIA, P. H.; SILVA, Jair de Souza; FOSCHIERA, Atamis Antonio. Caracterização da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo/MS. XV ENANPEGE. Campina Grande: Realize Editora, 2023. **Anais[...]** Disponível em: editorarealize.com.br. Acesso em: 13 set. 2024.
- BARBOSA, Maria do Carmo Rodrigues; SILVA, Mauro Henrique Soares da; DECCO, Hermiliano Felipe. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Pombo, Três Lagoas (MS). In: Simpósio Nacional De Geomorfologia, 14., 2023, Corumbá. Corumbá: Sociedade Brasileira de Geomorfologia, 2023. **Anais[...]**. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/3/773-390.html>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- BARBOSA, M. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pombo - Três Lagoas/MS**. Três Lagoas, MS: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2023. (Dissertação de Mestrado).
- BARRELLA, W. Ecossistemas aquáticos e a conservação da biodiversidade. In: ESTEVES, F. A. (Org.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. p. 765-795.
- BARRELLA, W.; et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União,

Brasília, 31 ago. 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1940.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; RODRIGUES, C. B. Eucalipto e água em bacias hidrográficas: mitos e realidades sobre interações ambientais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 601-615, 2013.

FLORIANO, Eduardo Pagel. Planejamento ambiental. **Caderno Didático**, v. 6, n. 1, p. 54, 2004.

FRANCO, M. A. de R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2001.

GOMES, R. C.; BIANCHI, C.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1256-1271, 2021. Disponível em: www.researchgate.net. Acesso em: 20 mar. 2025.

HONDA, Sibila Corral de Arêa Leão; et al. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 62-73, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal de Mapas do IBGE**. Disponível em: portaldemapas.ibge.gov.br. Acesso em: 12 ago. 2024.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p. 33-43.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B.; BURGESS, S. O. Impacto ambiental do eucalipto em bacias hidrográficas. **Ambiente & Sociedade**, v. 1, n. 4, p. 28-39, 1998.

MENEKOZI, A. R. **Enciclopédia das Águas: riqueza e diversidade hidrográfica**. Campo Grande, MS: O Estado, 25-26 mar. 2018, p. 4.

NASA; USGS. LANDSAT 4 e 5. **Dados obtidos pelo sensor TM (Thematic Mapper)**. Sioux Falls: USGS, [2025]. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: [25/03/2025].

NASA; USGS. LANDSAT 8 e 9. **Dados obtidos pelo sensor TM (Thematic Mapper)**. Sioux Falls: USGS, [2025]. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: [25/03/2025].

PIROLI, E. L. Água e bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações. In: PIROLI, E. L. (Org.). **Água e bacias hidrográficas**. São Carlos: EDUFSCar, 2021. p. 45-68. Disponível em: books.scielo.org. Acesso em: 20 mar. 2025.

Projeto MapBiomas – **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: plataforma.brasil.mapbiomas.org. Acesso em: 12 ago. 2024.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.16. Open Source Geospatial Foundation Project, 2020. Disponível em: qgis.org. Acesso em: 12 ago. 2024.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoelecolologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Editora UFC, 2004.

RODRIGUES, C. A. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 14, p. 69-77, 2001.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

- ROUSE, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, Greenbelt: NASA SP-351 I, 309-317, 1973.
- SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SEMEA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agronegócio. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal do Pombo**, Três Lagoas/MS, 2019.
- SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. Disponível em: www.uesc.br. Acesso em: 20 mar. 2025.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2007.

