

ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACU: MUNICÍPIOS DE PORTO UNIÃO, PORTO VITÓRIA E UNIÃO DA VITÓRIA - BRASIL

Analysis of land use and land cover changes in the Jacu river basin: municipalities of
Porto União, Porto Vitória, and União da Vitória - Brazil

Cléria Maria de Melo

Mestranda em Geografia – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9027-8871>

cleriamelo39@gmail.com

Nilzo Ivo Ladwig (*in memoriam*)

Doutor em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3031-0192>

ladwignilzo11@gmail.com

Anderson Rodrigo Estevam da Silva

Mestre em Geografia – Universidade Estadual do Paraná

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-0699-6848>

anderson.silva@unespar.edu.br

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo analisar as mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Jacu, que abrange os municípios de Porto União (SC), Porto Vitória (PR) e, em maior extensão, União da Vitória (PR), no período de 1985 a 2022. A metodologia utilizada inclui técnicas de geoprocessamento, como o uso do QGIS 3.28 com imagens SRTM e dados do MapBiomias, complementadas por trabalho de campo em 11 pontos de controle. A análise comparativa revelou alterações significativas na paisagem ao longo desses 37 anos. Os agrossistemas sofreram uma redução de 12,54% na área total, enquanto a silvicultura apresentou um aumento expressivo de 8,39%. Além disso, observou-se um crescimento de 1,83% na formação florestal e de 1,06% nas áreas urbanas. Essas mudanças foram associadas às transformações nas atividades econômicas regionais e a impactos na qualidade ambiental, especialmente na qualidade da água do rio Jacu. O estudo oferece um diagnóstico ambiental, fundamentado em observações em campo, destacando a dinâmica da paisagem e os desafios de gestão nesta importante bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Uso e cobertura da terra; Bacia Hidrográfica; Geoprocessamento; Análise temporal; Impacto ambiental.

ABSTRACT

The research aimed to analyze changes in land use and land cover in the Jacu River watershed, which spans the municipalities of Porto União (SC), Porto Vitória (PR), and predominantly União da Vitória (PR), during the period from 1985 to 2022. The methodology employed geoprocessing techniques, including the use of QGIS 3.28 with SRTM images and data from MapBiomias, complemented by fieldwork conducted at 11 control points. Comparative analysis revealed

significant changes in the landscape over these 37 years. Agrosystems experienced a 12.54% reduction in total area, while silviculture showed a significant increase of 8.39%. Additionally, there was a 1.83% growth in forest formations and a 1.06% increase in urban areas. These changes were associated with transformations in regional economic activities and impacts on environmental quality, particularly on the water quality of the Jacu River. The study provides an environmental diagnosis, based on field observations, highlighting the landscape dynamics and management challenges in this important watershed.

Keywords: Land use and land cover; Watershed; Geoprocessing; Temporal analysis; Environmental impact.

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas desempenham um papel crucial na sociedade, fornecendo água para abastecimento, agricultura, indústria e energia hidrelétrica, além de influenciarem o clima e a biodiversidade. O conceito de bacia hidrográfica tem sido amplamente adotado como uma unidade de gestão ambiental (Pires; Santos; Del Prette, 2002).

Essas áreas são delimitadas por divisores de água e englobam toda a região de drenagem de um curso d'água. Christofolletti (1980) define uma bacia hidrográfica como uma área limitada por divisores de água naturais, como montanhas, colinas ou elevações, que direcionam o escoamento da água para um único ponto de saída, geralmente um rio principal.

A bacia hidrográfica é composta por superfícies vertentes, constituídas pelo solo, e por uma rede de drenagem formada pelos cursos d'água que convergem até um único ponto de saída, chamado exutório (Tucci, 1993; Finkler, 2012). De acordo com Tucci (1993), a bacia hidrográfica é um sistema físico aberto, onde a precipitação simboliza a entrada de água e o fluxo para o exutório representa a sua saída. Neste processo, acontecem perdas intermediárias, tais como evaporação, transpiração e infiltração nas camadas mais profundas da terra.

É importante reconhecer a complexidade das interações que ocorrem dentro da bacia hidrográfica, envolvendo trocas constantes de energia, matéria e informações que afetam a dinâmica e o funcionamento do sistema. Botelho e Silva (2008), afirmam que a bacia hidrográfica tem sido reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde o fim dos anos 1960 e tem sido estudada por várias outras ciências, principalmente nas áreas ambientais.

Ao considerar a bacia de drenagem como uma área influenciada pela ação humana, é fundamental adotar práticas sustentáveis que respeitem os limites do meio ambiente, sejam economicamente viáveis e socialmente justas. Isso inclui a conservação das áreas de mata ciliar, o uso de práticas agrícolas e pecuárias sustentáveis e a conscientização ambiental.

A gestão integrada e participativa da água, envolvendo a sociedade, o setor privado e o poder público, é essencial para garantir a sustentabilidade das bacias hidrográficas e a qualidade de vida

das comunidades que delas dependem. Ross (2019) destaca que o objetivo geográfico desse entendimento integrativo entre sociedade e natureza consiste em obter informações elaboradas e organizadas para desenvolver ações de planejamento e gestão ambiental que conservem, preservem e recuperem a natureza, estimulando o desenvolvimento econômico e social sustentável.

A legislação ambiental, como a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), busca regular as intervenções humanas nas bacias hidrográficas, visando proteger e conservar os recursos hídricos e os ecossistemas associados. A participação da sociedade nesse processo é fundamental para garantir a efetividade dessas leis e a proteção das bacias hidrográficas.

No município de União da Vitória, no estado do Paraná, a implantação do Comitê de Bacias Hidrográficas ainda está em discussão. O rio Jacu, um afluente da bacia hidrográfica do médio Iguaçu, aguarda uma definição. O Instituto Água e Terra (IAT, s.d.) realizou duas reuniões para discutir o Comitê de Bacias Hidrográficas, mas ainda não há definição sobre suas ações e representantes para o período de 2022 a 2026.

Considerando a falta de definição e seguindo a orientação de Pires, Santos e Del Prette (2002), que destacam a importância da adoção do conceito de bacia hidrográfica para a conservação de recursos naturais, o objetivo da pesquisa é a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra e dos impactos resultantes na bacia hidrográfica do rio Jacu. Essa abordagem visa avaliar o potencial de desenvolvimento e produtividade biológica da área, determinando as melhores práticas de aproveitamento com o mínimo impacto ambiental.

1.1. Localização e Descrição da Área de Estudo

A maior parte da bacia hidrográfica do rio Jacu está situada em União da Vitória (PR), com o restante em Porto União (SC) e uma pequena porção em Porto Vitória (PR) (Figura 1). Sua geologia remonta à era mesozoica, composta por rochas das formações Serra Geral e Botucatu. Próximo à foz, predominam sedimentos aluvionares quaternários, que se estendem ao longo dos canais, barras e planícies de inundação.

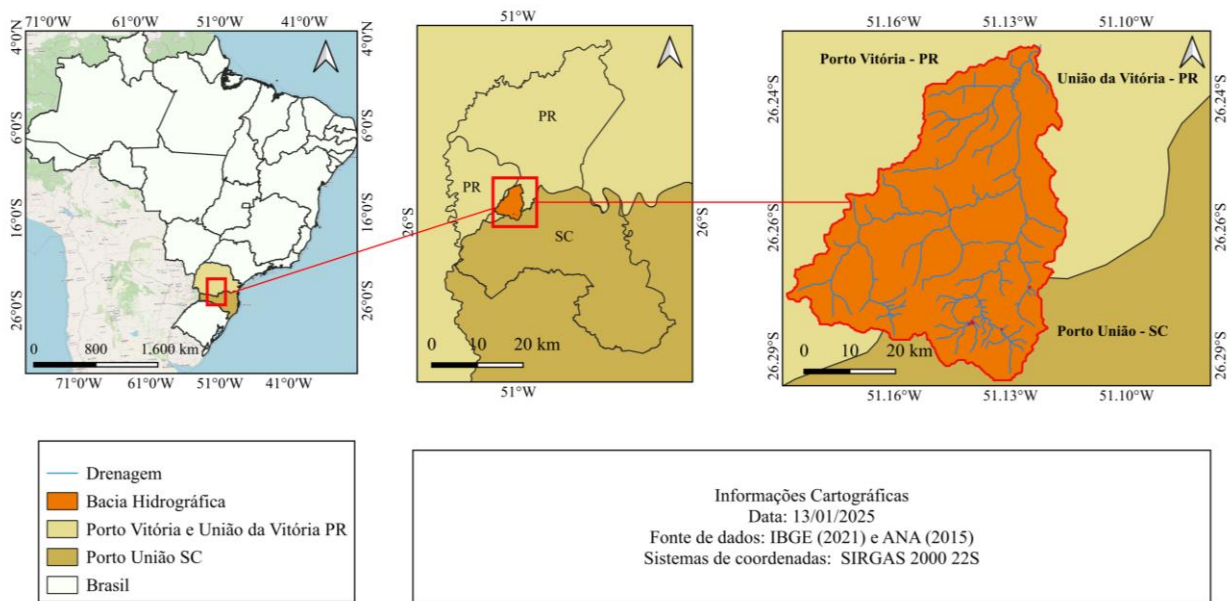


Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Jacu.
Fonte: Autores, 2024.

Segundo dados do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM, 2001), a Formação Botucatu é composta por arenitos de granulação que variam de fina a grossa, com camadas conglomeráticas na porção superior. Esses arenitos foram depositados em vastas áreas de dunas em um ambiente desértico (erg), onde as áreas entre as dunas eram predominantemente superfícies erosivas secas ou depósitos eólicos laminados. Em algumas áreas localizadas, podem ser encontrados depósitos lacustres representados por arenitos argilosos pouco selecionados, mais comuns na base da formação.

A bacia hidrográfica do rio Jacu está situada em uma área de transição entre o segundo e o terceiro planalto paranaense, com parte dela localizada em Porto União, no estado de Santa Catarina. O segundo planalto, ou planalto sedimentar, é caracterizado pela presença de rochas sedimentares, enquanto o terceiro planalto, ou planalto vulcânico, é caracterizado por rochas vulcânicas basálticas (IAT, s.d.). Em análise ao Atlas geomorfológico do estado do Paraná, disponibilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná, (IAP, 2006), a unidade morfoestrutural da bacia hidrográfica do rio Jacu, por estar em uma área de transição, apresenta os Planaltos Residuais da Formação Serra Geral, característicos do segundo planalto, e o Planalto da Foz da Areia/Ribeirão Claro, característico do terceiro planalto. As partes mais baixas da bacia são compostas por planícies fluviais.

Em observação ao mapa de solos do Paraná fornecido pelo Instituto Água e Terra (IAT, 2008) e o mapa de solos de Santa Catarina fornecido pela Embrapa (2004) e pelo fato de a bacia hidrográfica abranger esses dois estados se constatou que os solos predominantes na bacia

hidrográfica do rio Jacu são os neossolos, nitossolos e latossolos e gleissolos nas áreas de planícies de inundação. De acordo com Santana e a Embrapa (2003, 2011), os neossolos são solos pouco evoluídos pedogeneticamente, ou seja, apresentam um baixo grau de desenvolvimento devido à limitada atuação dos processos de formação do solo (pedogenéticos) ou à influência de fatores que dificultam sua evolução. Esses solos são considerados jovens e têm menos de 20 cm de espessura.

Os nitossolos, característicos dos planaltos basálticos, são solos com alta proporção de partículas de argila, com maior concentração nas camadas superficiais e diminuição gradual em direção às camadas mais profundas. Já os latossolos são solos que passaram por um intenso processo de intemperismo, resultando em solos altamente modificados em relação à sua composição original.

Os gleissolos são solos originados de materiais que podem ser estratificados ou não, frequentemente expostos a excessos de água constantes ou frequentes. Normalmente, surgem em sedimentos recentes perto de cursos de água ou em materiais colúvio-aluviais que sofrem influência da água. (Embrapa, 2011).

De acordo com o Carvalho e Nodari (2007), baseado na classificação climática de Köppen, o clima predominante na área de estudo é subtropical úmido, com temperaturas variando entre 15 °C e 18 °C, na divisa do segundo para o terceiro planalto. As temperaturas mais baixas são registradas ao sul dos planaltos paranaenses, onde a bacia hidrográfica do rio Jacu está localizada, abrangendo também o norte de Santa Catarina, dentro dessa faixa de variação de temperatura.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste em três etapas principais: a identificação dos elementos físico-naturais da bacia hidrográfica do rio Jacu, a elaboração de cenários ambientais e a formulação de um diagnóstico ambiental (conforme ilustrado na Figura 2).

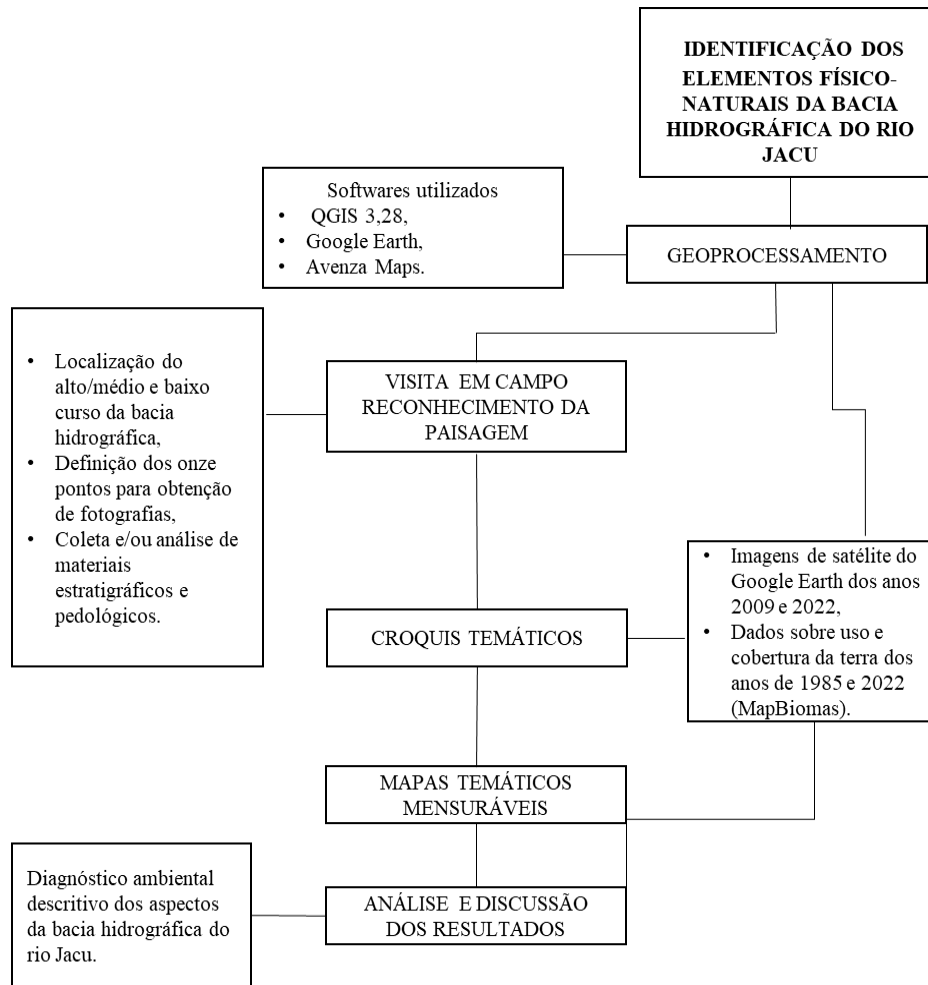


Figura 2 - Fluxograma de trabalho.

Fonte: autores, 2024.

Na primeira etapa, foi realizado o mapeamento dos elementos físico-naturais da bacia do rio Jacu. Utilizou-se o programa QGIS 3.28 e imagens SRTM (30 metros) para definir a bacia hidrográfica e seus cursos fluviais. Em concordância com Torres (2007), o modelo digital de elevação SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) foi criado a partir de uma missão espacial conduzida pela NASA, utilizando a tecnologia de radar embarcada em um ônibus espacial para mapear a superfície terrestre. Este modelo fornece dados altimétricos com grande precisão e resolução de 30 metros, sendo bastante utilizado em estudos de geoprocessamento e análise territorial. Imagens de satélite disponíveis na plataforma do Google Earth foram sobrepostas a uma base cartográfica com escala de 1:10.000, fornecida pelo Geoportal do Exército Brasileiro, para validação das informações geradas. Em seguida, as curvas de nível de 50m, foram extraídas da imagem SRTM no QGIS 3.28, permitindo a criação de camadas de declividade e altimetria da bacia.

Na segunda etapa, foi utilizado o Google Earth como ferramenta de validação visual, pois o mesmo não possui um satélite próprio e ele utiliza imagens adquiridas de empresas como a Maxar Technologies, além de dados públicos de agências como NASA e USGS. para complementar os dados altimétricos do SRTM, que não oferece detalhes sobre uso e cobertura do solo. Imagens dos anos de 2009 e 2022 foram selecionadas considerando períodos com menor cobertura de nuvens, conforme dados do INMET, que indicam menores índices de precipitação na região de União da Vitória (PR), Porto Vitória (PR) e Porto União (SC) durante os meses de inverno (90 mm/mês), em contraste com os índices mais elevados no verão (150 mm/mês).

Os dados sobre uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2022 foram obtidos na coleção 8 MapBiomias, com o objetivo de analisar a evolução espaço-temporal.

De acordo com o MapBiomias (2021c), os mapas são mais adequados para escalas de até 1:100.000; embora possam ser visualizados em escalas maiores, seu uso nessas condições não é recomendado. Essa orientação está em conformidade com o Manual Técnico de Geociências (IBGE, 2001), número nove, que recomenda o uso de escalas entre 1:250.000 e 1:100.000 para imagens com resolução de 30 metros. Para alinhar as classes de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomias aos objetivos da pesquisa, a legenda de nível 3 do MapBiomias foi avaliada e ajustada conforme o contexto regional.

Na etapa seguinte, realizou-se uma atividade de campo com o objetivo de reconhecer a paisagem da área de estudo, coletar e analisar materiais estratigráficos e pedológicos, além de obter fotografias em 11 pontos de controle previamente definidos, os quais foram mapeados com o aplicativo Avenza Maps. Além disso, foram registradas, através de croquis, as apreensões e percepções encontradas no local, representadas na figura 3.

O termo croqui vem do francês *croquer* (esboçar) e surgiu no século XIX. Representa um desenho rápido, sem necessidade de precisão, usado para experimentação e descoberta. Pode ter qualidade artística, mas prioriza simplicidade. (Araújo; Gomes; Landin, 2020).

Os pontos de controle foram distribuídos de forma estratégica nas regiões de alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica, de modo a garantir uma representação ampla da área investigada. Os onze pontos foram distribuídos da seguinte maneira: pontos 01 a 04 no alto curso, pontos 05 e 06 no médio curso e pontos 07 a 11 no baixo curso da bacia hidrográfica.

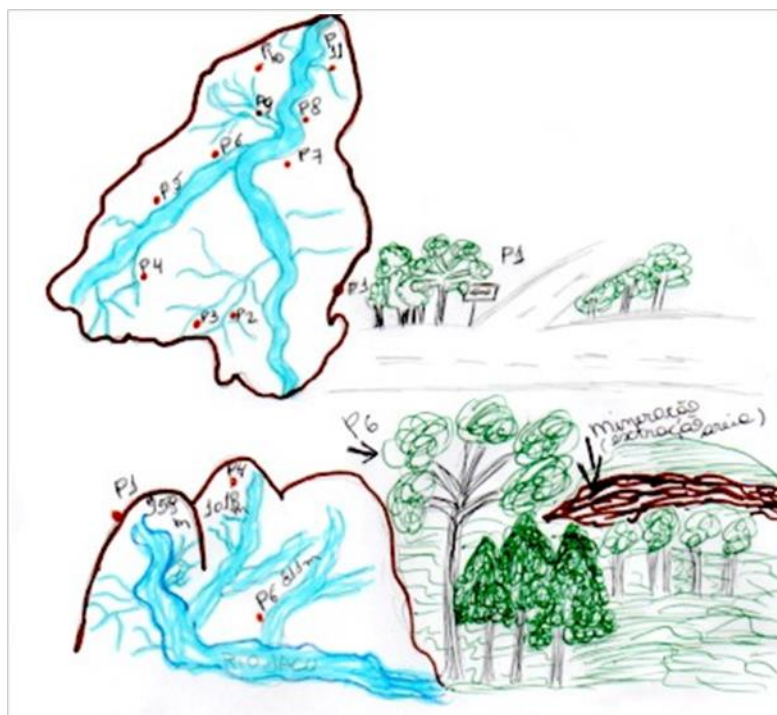


Figura 3 – Croqui da área de estudo.
Fonte: autores, 2024.

O quadro 1 apresenta a descrição das classes de uso e cobertura da terra estabelecidas pelo projeto MapBiomas, já adaptadas para o recorte do estudo.

Quadro 1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra adaptadas do projeto MapBiomas para a pesquisa.

Classes de uso e cobertura da terra	Descrição
Floresta Natural	Espécies da Floresta Ombrófila Mista
Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais Pinus (Pinaceae), Eucalipto (Myrtaceae)
Agrossistemas	Pastagens, mosaicos de usos, soja, outras lavouras temporárias
Área Urbanizada	Indústrias e Edificações
Extração de Areia	Extração tipo cava a céu aberto e outras áreas de solo exposto
Massas d'água	Rios, tanques ou açudes (aquicultura) e tanques para lavagem de areia

Fonte: Adaptado de MapBiomas, 2021.

Na terceira e última etapa, foi realizada a análise e discussão dos resultados obtidos, comparando os mapas temáticos mensuráveis com os pontos de controle de campo, imagens de satélite de diferentes períodos e estudos acadêmicos anteriores. Esse processo resultou em um diagnóstico ambiental descritivo dos aspectos da bacia hidrográfica do rio Jacu, com o objetivo de destacar as restrições às intervenções antrópicas na região.

Para compreender os mapas temáticos, é necessário analisar a evolução histórica da cartografia temática, que teve origem no século XVIII, como uma extensão da cartografia topográfica. Esse desenvolvimento tinha como objetivo atender às necessidades específicas de diversas áreas científicas. (Martinelli e Graça, 2015). Os autores ainda ressaltam que a cartografia

temática é caracterizada pela representação de fenômenos específicos através de métodos gráficos variados, como mapas coropléticos, isarítmicos, de pontos e de fluxos.

Desta maneira, com as considerações de Martinelli e Graça (2015), os mapas temáticos mensuráveis (M.T. mensuráveis) representam dados espaciais por meio de valores numéricos e comparáveis, como altimetria, declividade, uso do solo e cobertura vegetal, permitindo análises quantitativas detalhadas.

A distinção desse tipo de mapeamento fundamenta-se em sua capacidade de proporcionar maior objetividade e precisão, viabilizando a integração com outras fontes de informação, como imagens de satélite e estudos de campo, além de permitir a elaboração de diagnósticos ambientais embasados. Assim, os mapas mensuráveis se diferenciam das representações qualitativas ou interpretativas, que frequentemente dependem da subjetividade do analista, consolidando-se como ferramentas indispensáveis para análises científicas rigorosas e tomadas de decisão fundamentadas.

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A análise comparativa foi conduzida em dois anos distintos, 1985 e 2022, abrangendo um intervalo temporal de 37 anos, conforme figura 3. Uma das observações destaca a qualidade da água, analisada empiricamente ao longo do curso principal da bacia hidrográfica, revelando disparidade entre o alto e o baixo curso.

A água do rio Jacu estava límpida, com um aspecto claro e sem partículas suspensas, não sendo possível visualizar sinais de poluição. No entanto, no curso baixo, foram observados sinais claros de alterações provocadas, como turbidez e odor desagradável. Essas alterações indicam a presença de poluição orgânica ou química, o que é um forte indicador de degradação da água, geralmente associada à decomposição de matéria orgânica, aos despejos de esgoto ou à contaminação por poluentes químicos.

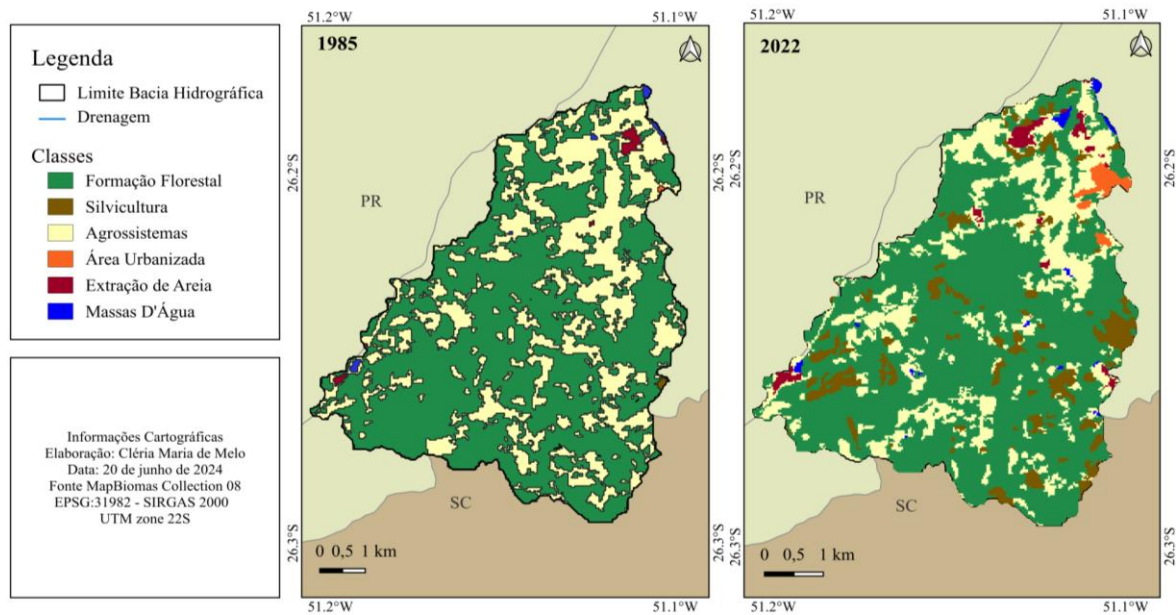


Figura 4 – Mapa de uso e ocupação da Terra
Fonte: Autores, 2024.

A análise dos mapas de uso e ocupação da terra revela transformações substanciais ao período estudado. Em 1985, observava-se uma predominância de áreas rurais, com ênfase na produção agrícola de pequena escala ou agricultura familiar. Em contrapartida, os dados de 2022 constataam a expansão da silvicultura a qual foi a mais representativa, crescimento urbano, acompanhado pelo surgimento de zonas industriais e um aumento das áreas destinadas à extração de areia para a indústria da construção civil. As formações florestais também se destacam devido à expansão, o que, neste caso, é benéfico.

Estas mudanças no padrão de uso e ocupação da terra sugerem uma intensificação das atividades antrópicas na região, potencialmente correlacionadas com as alterações observadas na qualidade da água do rio Jacu. A urbanização, industrialização e as práticas de uso intensivo do solo podem estar contribuindo para o aumento da carga de poluentes e sedimentos no curso d'água, especialmente em seu trecho inferior.

Poleto (2010) argumenta que a urbanização não apenas aumenta o fluxo de água, como também afeta a sua qualidade devido à presença de esgoto, resíduos sólidos, óleos, graxas, fertilizantes e sedimentos de áreas sem vegetação. Os poluentes, juntamente com os sedimentos que causam o assoreamento e a instabilidade fluvial, afetam os corpos d'água de forma tanto física, com inundações e degradação do leito fluvial, quanto quimicamente, através da transferência de poluentes e nutrientes por meio de sedimentos finos, como siltes e argilas.

A investigação comparativa dos dados obtidos permitiu quantificar as variações nas diferentes classes de uso e ocupação do solo ao longo do período de estudo de 37 anos. Esta metodologia

diacrônica possibilitou a identificação e mensuração das alterações ocorridas na paisagem, tanto em termos de expansão quanto de retração, das diversas categorias analisadas. A tabela 1 mostra o índice de uso e ocupação da Terra em área (km²) e em porcentagem (%).

Tabela 1: Uso e ocupação da Terra – 1985 e 2022.

Classe	Área (km ²) 1985	Área (%) 1985	Área (km ²) 2022	Área (%) 2022
Formação Florestal	18,94	64,64	19,47	66,48
Silvicultura	0,02	0,08	2,48	8,47
Agrossistemas	10,05	34,34	6,38	21,79
Áreas Urbanizadas	0,01	0,05	0,32	1,11
Extração de Areia	0,15	0,53	0,44	1,53
Massas d'Água	0,09	0,33	0,17	0,59
Total	29,28	100	29,28	100

Fonte: Autores, 2024.

A comparação do uso e ocupação da terra entre 1985 e 2022, um período de 37 anos, revelou mudanças significativas na configuração da paisagem da área de estudo.

Os agrossistemas, que eram a classe predominante em 1985 com 34,34% da área, sofreram uma redução expressiva em 2022, passando a ocupar 21,79% da área total, uma queda de 12,54%. Isso indica uma diminuição na área dedicada a atividades agrícolas ou sistemas de cultivo.

Por outro lado, outras classes apresentaram aumentos significativos. A Silvicultura, que em 1985 representava apenas 0,08%, cresceu para 8,47% em 2022. Esse aumento expressivo tanto em termos absolutos quanto relativos sugere uma expansão considerável da atividade silvicultural, possivelmente correlacionada com a demanda das indústrias de papel, celulose e produtos madeireiros na região, indicando uma adaptação do uso do solo às necessidades econômicas locais.

Houve também um aumento de 1,83% na classe Formação Florestal, o que corresponde a um acréscimo de 530 km² na bacia, sugerindo um processo de recuperação da cobertura florestal ao longo do período.

A classe de Áreas Urbanizadas cresceu 1,06% durante o período, crescimento que pode ser atribuído à instalação de complexos industriais. Esse crescimento urbano-industrial destaca uma mudança na economia regional, com possíveis impactos na demanda por recursos naturais e pressões ambientais.

Além disso, a classe Extração de Areia aumentou 0,99%, alcançando 0,449 km² em 2022, indicando um crescimento na atividade extrativa, o que pode resultar em consequências ambientais, como a degradação dos recursos hídricos.

Por fim, o ligeiro aumento de 0,26% na classe Massas d'Água pode ser atribuído à construção de tanques para lavagem de areia e ao desenvolvimento da piscicultura, que requer a criação de reservatórios para a criação de peixes.

4. ANÁLISE DA PAISAGEM

A avaliação da paisagem da bacia hidrográfica desvendou características particulares observadas em locais estratégicos ao longo do trajeto, possibilitando a descrição e a comparação com as categorias de uso do solo reconhecidas pelo MapBiomass. A Figura 5 ilustra o percurso realizado e destaca as principais referências que compõem a paisagem.

O ponto 1 (26°16'45,08" S, 51°14'27,02" W, altitude 959 m - P1) está localizado no divisor de águas da bacia hidrográfica do rio Jacu. No local, foi identificado um solo com textura argilosa, o que tem implicações importantes para suas propriedades hidráulicas e mecânicas. Em solos argilosos, os poros pequenos e numerosos retêm muita água, mas parte dela fica presa às micropartículas, o que torna a água indisponível para as plantas (Brady e Weil, 2013). Foram observados pontos de erosão ao longo da via de acesso, sugerindo uma interação complexa entre a infraestrutura viária e os processos geomorfológicos da região. A compactação do solo, agravada pelo tráfego de veículos e equipamentos agrícolas, pode acelerar os processos erosivos, reduzindo a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial.

O Ponto 2 (26°17'03,67" S; 51°08'06,9" W, altitude 947,09 m – P2) apresenta uma paisagem heterogênea, caracterizada pela coexistência de matas remanescentes e áreas agricultáveis. Neste local, foram observados vários processos significativos: a fragmentação da cobertura florestal, evidenciada pelo contraste entre as matas remanescentes e as áreas convertidas para a agricultura; a modificação do relevo, resultante de terraplanagem para a abertura de estradas, alterando a topografia natural e afetando potencialmente os padrões de drenagem e processos erosivos; a conversão do uso do solo, com a transformação de áreas naturais em zonas agricultáveis, modificando a cobertura vegetal original; e a exposição de afloramentos rochosos, causada pela construção de estradas, que resultou na exposição de afloramentos de basalto, alterando a estrutura superficial do solo e influenciando potencialmente os processos hidrogeológicos locais.

Demarcação de Pontos em Campo



Figura 5 – Síntese dos pontos visitados em campo.

Fonte: Autores, 2024.

O Ponto 3 (26°17'10,17"S, 51°08'36,65"W, altitude 973 m - P3), situado na divisa entre os estados do Paraná e Santa Catarina, revela uma complexa interação entre elementos naturais e intervenções antropogênicas. Próximo ao Morro das Lamentações (também conhecido como Morro da Formiga ou Morro do Bondinho), o local é caracterizado por atividades recreativas de baixo impacto, como ciclismo e caminhada. No entanto, essas atividades têm gerado impactos ambientais, como a deposição inadequada de resíduos ao longo das estradas. A presença de saprólito na Formação Serra Geral, embora natural, é preocupante, pois as intervenções humanas, especialmente as atividades de terraplanagem para construção de estradas, têm acelerado significativamente as

taxas de erosão. Essas modificações antropogênicas não apenas alteram a paisagem, mas também intensificam os processos pedogenéticos locais.

O Ponto 4 (26°16'48,52"S, 51°09'18,21"W, altitude 1.018 m - P4), localizado na parte alta da bacia do rio Jacu, próximo ao Morro da Formiga, exibe um cenário complexo de interações entre elementos naturais remanescentes e significativas modificações antrópicas. A paisagem original, caracterizada pela presença de espécies nativas como a *Araucária angustifolia*, típica da Floresta Ombrófila Mista, foi substancialmente alterada por diversas atividades humanas. Entre essas, destaca-se a silvicultura, com o cultivo de eucalipto, uma espécie exótica para fins comerciais, que altera a composição florística e causa danos ao ecossistema original. O eucalipto é considerado uma espécie invasora, pois foi trazida da Austrália. As espécies invasoras são competitivas com as espécies nativas.

Além disso, foram observadas construções de tanques ou açudes para aquicultura, o que modificou a hidrografia local, alterando o regime hídrico e a qualidade da água. Outro aspecto observado foi a conversão de áreas florestais para a pecuária, prática que modifica as propriedades físico-químicas do solo, resultando em solos erosivos e compactados pelo pisoteio dos animais.

O Ponto 5 (26°15'39,78"S, 51°09'05,22"W, altitude 890,89 m - P5) exemplifica intervenções antropogênicas significativas em um sistema fluvial com afloramento basáltico. As principais modificações incluem a instalação de uma indústria de manufatura de válvulas, práticas silviculturais voltadas ao cultivo de pinus e eucalipto, e uma malha viária que, devido ao tráfego industrial, intensifica os processos erosivos na área, desta forma a extração de madeira envolvendo a construção de estrada e retirada por equipamentos de árvores ao longo da floresta natural ou reflorestada, faz com que aumente a erosibilidade, pois a superfície fica desprotegida, (Tucci; Clarke, 1997).

O Ponto 6 (26°15'31,67"S, 51°08'03,57"W, altitude 811,77 m – P6) revela intervenções antropogênicas significativas. Neste local, é possível observar a coexistência de espécies nativas, como a *Araucária angustifolia*, com espécies exóticas, como *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*, indicando uma alteração substancial na composição florística original. Além disso, há atividades de extração de areia, que modificam a topografia, alteram a estrutura do solo e impactam os recursos hídricos locais.

O Ponto 7 (26°15'25,06"S, 51°07'41,58"W, altitude 753,97 m - P7) apresenta um cenário complexo de interações entre processos naturais e intervenções antropogênicas no curso médio do rio Jacu. A presença de resíduos domiciliares no leito do rio e nas margens da via principal indica uma gestão inadequada de resíduos sólidos urbanos, comprometendo a qualidade da água. A

retirada de material por empréstimo revela a exploração de recursos geológicos locais, o que altera a estabilidade das encostas e a dinâmica sedimentar.

O Ponto 8 (26°14'45,82"S, 51°07'44,60"W, altitude 750 m - P8), localizado no baixo curso do rio Jacu, apresenta um cenário de expansão urbana com a presença do conjunto habitacional Frei Pedrinho, que abriga moradores deslocados da margem esquerda do rio Iguaçu devido à forte erosão que comprometia as edificações. Este conjunto habitacional, recentemente construído e pertencente à bacia hidrográfica do Rio Jacu, enfrenta desafios ambientais significativos. No local, observa-se um talude de corte sem fitoestabilização, aumentando o risco de processos erosivos e movimentos de massa.

A ausência de pavimentação nas vias urbanas intensifica o carreamento de sedimentos para os cursos d'água, alterando a dinâmica sedimentar fluvial. Além disso, o relato de descarga direta de esgoto no rio Jacu evidencia a falta de um sistema de tratamento de efluentes, comprometendo severamente a qualidade da água.

A presença de silvicultura (*Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.) em áreas rurais adjacentes, coexistindo com remanescentes de mata nativa, incluindo *Araucária angustifolia*, revela uma paisagem modificada. O curso retilíneo do rio indica uma intervenção artificial no leito natural do rio.

O Ponto 09 (26°14'29"S, 51°08'35,81"W, altitude 758 m - P9) está situado no baixo curso do rio Jacu e apresenta um cenário de expansão urbana com o conjunto habitacional Frei Pedrinho. Este conjunto foi estabelecido para abrigar moradores deslocados da margem esquerda do rio Iguaçu devido à erosão intensa que comprometeu suas edificações. O local, que pertence à bacia hidrográfica do Rio Jacu, enfrenta desafios ambientais significativos, incluindo um talude de corte sem fitoestabilização, o que aumenta o risco de erosão e movimentos de massa.

A falta de pavimentação nas vias urbanas intensifica o carreamento de sedimentos para os cursos d'água, alterando a dinâmica sedimentar fluvial. A descarga direta de esgoto no rio Jacu evidencia a ausência de um sistema de tratamento de efluentes, comprometendo a qualidade da água. Além disso, a presença de silvicultura (*Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.) em áreas rurais adjacentes, coexistindo com remanescentes de mata nativa, incluindo *Araucária angustifolia*, revela uma paisagem modificada.

O curso retilíneo do rio indica uma intervenção artificial no leito natural. Apesar da diversidade de usos da terra, que inclui práticas agrícolas, pecuária, aquicultura e terraplanagem, este local apresenta um grau relativamente elevado de conservação ecológica e geomorfológica em comparação com os demais pontos analisados.

O Ponto 10 (26°13'44,13"S, 51°07'37,69"W, altitude 753,21 m - P10) está localizado às margens da BR 280, autovia João Paulo Reolon, e abriga o complexo industrial da região no Bairro São Gabriel, no baixo curso da bacia hidrográfica. Este ponto é crítico devido à visível poluição e degradação ambiental. A presença de espuma na superfície do rio principal sugere a descarga inadequada de efluentes, possivelmente de origem industrial, dada a proximidade do complexo. A composição dos efluentes hídricos industriais é determinada pelo tipo de processamento utilizado, sendo, geralmente, caracterizada pela presença de compostos químicos tóxicos, alta temperatura, cor, turbidez, odor, nutrientes, sólidos dissolvidos, óleos, graxas e microrganismos patogênicos, (Pires, Santos; Dell Prette, 2002).

Neste local, observou-se que mata ciliar foi removida com o uso de máquinas pesadas, e o curso de um tributário do rio Jacu foi modificado para a lavagem de areia. Além disso, a expansão urbana tem provocado transformações na paisagem, com ênfase na impermeabilização do solo devido à construção de edificações e à implementação de infraestrutura urbana, o que reduz a infiltração natural e aumenta o escoamento superficial.

O Ponto 11 (26°13'47,71"S, 51°06'45,47"W, altitude 743,08 m - P11), localizado no baixo curso da bacia hidrográfica, revela intensas intervenções antrópicas. Este ponto está situado a jusante, onde o rio Jacu deságua no rio Iguazu, responsável pelo abastecimento do município. Observou-se a presença de um forte odor desagradável, similar ao de amônia ou ovo podre, que indica possível contaminação orgânica ou industrial.

A análise do Ponto 11 revelou alterações significativas na vegetação ripária. Observou-se uma redução notável na densidade e continuidade da mata ciliar, com grandes áreas desmatadas ao longo do curso d'água. Essa fragmentação da cobertura vegetal ribeirinha compromete a função ecológica e protetora dessa vegetação.

Além disso, foram encontrados resíduos sólidos de origem doméstica e de construção civil depositados inadequadamente nas margens da rodovia adjacente e no leito do rio. Também foram observadas manchas oleosas na superfície da água, sugerindo contaminação por hidrocarbonetos. Este fenômeno pode indicar poluição originada de fontes antropogênicas, possivelmente relacionadas ao tráfego veicular na rodovia próxima ou a atividades industriais na região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da bacia hidrográfica do rio Jacu, ao longo de 37 anos (1985-2022), revelou transformações expressivas no uso e ocupação do solo, com importantes implicações ambientais e socioeconômicas para a região. A análise diacrônica proporcionou uma visão detalhada das

mudanças e tendências emergentes, oferecendo subsídios relevantes para a gestão sustentável da bacia.

Entre os principais resultados, destaca-se a transição de um cenário majoritariamente rural e dedicado à agricultura familiar em 1985 para uma paisagem mais diversificada e complexa em 2022. As áreas de agrossistemas diminuíram significativamente, em 12,54%, enquanto as áreas de silvicultura cresceram 8,39%. Essa mudança reflete a adaptação do uso do solo para atender às demandas econômicas regionais, especialmente nos setores de papel, celulose e madeira.

Observou-se também um leve aumento de 1,83% na formação florestal, sugerindo a possível implementação de esforços de conservação ou regeneração natural em áreas anteriormente degradadas. Apesar de encorajador, esse dado deve ser analisado com cautela, considerando as pressões antrópicas contínuas sobre a bacia. O aumento de 1,06% nas áreas urbanizadas indica o desenvolvimento econômico da região, mas também destaca os desafios crescentes em termos de gestão ambiental e planejamento urbano. A expansão urbana, junto ao aumento das atividades industriais e de extração mineral, como a extração de areia (que cresceu 0,99%), impacta diretamente a qualidade ambiental da bacia.

Uma preocupação relevante é a deterioração da qualidade da água no baixo curso do rio Jacu, provavelmente causada pela intensificação das atividades humanas, como urbanização, industrialização e práticas agrícolas intensivas. Essa constatação sublinha a necessidade urgente de medidas para reduzir e controlar a poluição ambiental. Para evidenciar a relevância dessas alterações na qualidade da água foi levado em conta as análises empíricas como indicadores específicos, um deles é a diferente turbidez da água e odor comparando o alto curso da bacia e o baixo curso da bacia outra questão foi a presença de resíduos sólidos e detritos deixados ao longo da bacia, com maior evidência no médio e baixo curso.

O estudo também identificou pontos críticos de erosão e compactação do solo, sobretudo relacionados à infraestrutura viária e atividades agrícolas. Esses achados reforçam a importância de práticas de manejo sustentável para preservar o solo e manter a integridade ecológica da bacia.

No entanto, o estudo enfrentou limitações, principalmente devido ao acesso restrito a propriedades privadas, o que gerou desafios metodológicos e potenciais vieses na coleta de dados. A dificuldade em acessar zonas industriais e áreas de extração mineral, como complexos industriais e locais de extração de areia, evidencia sensibilidades específicas dessas atividades, possivelmente relacionadas a questões ambientais, regulatórias ou socioeconômicas. Esses obstáculos indicam a necessidade de estratégias mais eficazes para superar barreiras de acesso e garantir a representatividade dos dados em futuras pesquisas.

AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo auxílio com bolsa na modalidade de Mestrado.

AGRADECIMENTO PÓSTUMO

Expresso minha profunda gratidão ao professor Nilzo Ivo Ladwig, meu orientador de mestrado, que partiu de forma inesperada. Sua dedicação incansável à ciência, sua condescendência no compartilhar do conhecimento e seu compromisso com seus orientandos deixaram uma marca indelével em minha trajetória acadêmica. Mesmo em sua ausência, sua orientação segue presente neste trabalho e em que continuo construindo.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. C. B. P.; GOMES, C. de O. P.; LANDIM, C. B. P. O croqui no processo criativo e no ensino do projeto de arquitetura. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO. 6., 2020, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2020.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 685p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, (...). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 9 dez. 2024.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, C. A.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 153-192.

CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S. Os colonos europeus e a Floresta de Araucária no Médio Vale do Iguaçu. In: ARRUDA, G.; ESPINDOLA, H. S. (Org.). **História, Natureza e Território**. Governador Valadores MG: Editora da Univale, 2007. p. 137-145.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. **Solos Brasileiro**. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 30 dez. 2023.

IBGE. **Introdução ao processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 94p.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA (IAT). **Geologia do Paraná: história evolutiva**. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. **Atlas geomorfológico do Paraná**. Curitiba: IAP, 2006. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/atlas_geomorforlogico_parana_2006.pdf. Acesso em: 04 out. 2024.

MARTINELLI, M.; GRAÇA, A. J. S. Cartografia temática: uma breve história repleta de inovações. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 67, p. 913-928, 2015.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas – Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2023**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 14 out. 2024.

PIRES, M.; SANTOS, J.; DEL PRETTE, A. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceito de Bacia Hidrográfica: teoria e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. v. 1, p. 17 – 35.

POLETO, C. **Introdução ao gerenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda., 2010. 354p.

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2022 – Coleção 8**. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 11 out. 2024.

ROSS, J. L. S. Bacia Hidrográfica: unidade de análise integrada. In: MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; GALVANI, E.; ROSS, J. L. S. (Org.). **Análise Integrada em Bacias Hidrográficas: Estudos Comparativos com Distintos Usos e Ocupação do Solo**. São Paulo: Editora Exemplo, 2019. p. 27-43.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de bacias Hidrográficas**. Documentos EMBRAPA. Sete Lagoas, MG. 2003. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16221/1/Doc_30.pdf. Acesso em: 26 out. 2024.

SERVIÇOS GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB/CPRM). **Base de dados. Litoestratigrafia, 2001**. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

TORRES, T. G. **Geotecnologias na geração do divisor de bacias hidrográficas: um instrumento para a Política de Recursos Hídricos**. 2007. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 1, 1997. p. 135-152.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 943p.