



INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E
SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA



SISTEMA COMPLEXO DA GEODIVERSIDADE DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA RIO PRETO DA EVA-AM: GEOCENÁRIOS
PROSPECTIVOS DA FISIONOMIA DA PAISAGEM

RONISLEY DA SILVA MARTINS

MANAUS-AMAZONAS

2026

RONISLEY DA SILVA MARTINS

**SISTEMA COMPLEXO DA GEODIVERSIDADE DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA RIO PRETO DA EVA-AM: GEOCENÁRIOS
PROSPECTIVOS DA FISIONOMIA DA PAISAGEM**

*Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Geografia/PPGEOG da Universidade
Federal do Amazonas – UFAM, como pré-requisito
para obtenção do título de Doutor em Geografia. Área
de concentração: Amazônia, Território e Ambiente;
linha de pesquisa: Domínio da Natureza na Amazônia.*

Jesuéte Pachêco Brandão

Orientadora (Dr.^a)

José Carlos Martins Brandão

Coorientador (Dr.)

MANAUS-AMAZONAS

2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M386s Martins , Ronisley da Silva
 Sistema Complexo da Geodiversidade da Sub-Bacia Hidrográfica rio
 Preto Da Eva-Am: Geocênários Prospectivos da Fisionomia da Paisagem /
 Ronisley da Silva Martins . - 2026.
 250 f. : il., color. ; 31 cm.

 Orientador(a): Jesuete Pachêco Brandão.
 Coorientador(a): José Carlos Martins Brandão.
 Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de
 Pós-Graduação em Geografia, Manaus , 2026.

 1. Geodiversidade. 2. Cenários prospectivos. 3. Paisagem. 4.
 Complexidade. 5. Sub-bacia hidrográfica. I. Brandão, Jesuete Pachêco. II.
 Brandão, José Carlos Martins. III. Universidade Federal do Amazonas.
 Programa de Pós-Graduação em Geografia. IV. Título

RONISLEY DA SILVA MARTINS

**SISTEMA COMPLEXO DA GEODIVERSIDADE DA SUB-BACIA
HIDROGRÁFICA RIO PRETO DA EVA-AM: GEOCENÁRIOS
PROSPECTIVOS DA FISIONOMIA DA PAISAGEM**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEOG da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia. Na Área de concentração: Amazônia, Território e Ambiente; linha de pesquisa: Domínio da Natureza na Amazônia.

Aprovada em: 27/02/2026

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão
Presidente
Universidade Federal do Amazonas - PPGEOG

Profa. Dra. Mônica Cortez Pinto
Membro Titular
Secretaria de Estado de Educação e Desporto Escolar do Amazonas (SEDUC/AM)

Profa. Dra. Adorea Rebello da Cunha Albuquerque
Membro Titular
Universidade Federal do Amazonas - PPGEOG

Prof. Dr. Marcos Castro de Lima
Membro Titular
Universidade Federal do Amazonas - PPGEOG

Profa. Dra. Maria Angélica Bizari Cavicchioli
Membro Titular
Universidade Federal do Amazonas

AGRADECIMENTOS

Primordialmente, agradeço ao Criador do Universo, que me sustentou nas adversidades, fortaleceu-me nas tribulações e me conduziu com sabedoria e perseverança ao longo desta caminhada.

Agradeço à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (PPGEOG/UFAM), pelo apoio acadêmico e institucional, e à FAPEAM e à CAPES, pelo relevante papel no fortalecimento da pesquisa e da pós-graduação.

À guerreira amazônida e orientadora, Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão, do Departamento de Geografia da UFAM, pelas orientações firmes, pela condução científica dedicada, pelos desafios impostos e pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. José Carlos Martins Brandão, do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia – ICSEZ/Parintins, pela coorientação e valiosa contribuição teórico-metodológica sobre sistemas e redes complexas.

Aos meus compadres Marlen e Marcelo Cadaxo, pela amizade, força, apoio fraterno e pelas orações ao longo desta caminhada.

À colega turismóloga Paloma Duarte Ferreira, com quem compartilhei as dificuldades na formatação da tese e a cooperação acadêmica.

À minha amada esposa, Adm. Raiany Monteiro Martins, por seu apoio incondicional, pelas orações, pela compreensão nas adversidades e pelo companheirismo.

À minha guerreira mãe, Dona Arlete Aires da Silva, pelo amor incondicional e por sempre admirar minhas conquistas acadêmicas, mesmo sem compreender plenamente o valor e a dimensão de uma tese de doutorado.

Ao Prof. Dr. Edson Vicente da Silva, “Magão” ou “Cacau”, pelas contribuições metodológicas fundamentadas na abordagem sistêmica da Geografia e na Geoecologia das Paisagens.

À inestimável Profa. Dra. Selma Paula Maciel Batista, da Escola Superior de Artes e Turismo da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, por sua dedicação e generosidade.

E, finalmente, a todas as pessoas de Rio Preto da Eva, que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a construção deste estimado sonho que agora se torna realidade.

Muito, muito obrigado!

MEMORIAL

Sou Ronisley da Silva Martins, um amazonense com muito orgulho. Nasci em 12 de maio de 1978, na tranquila comunidade Costa do Araçá, situada às margens do imenso rio Amazonas, no município de Itacoatiara, estado do Amazonas. Minha história começa nesse cantinho do mundo, próximo ao distrito de Novo Remanso, onde cresci imerso nas belezas naturais e nas tradições de uma família de *ribeirinhos*. Sou o primogênito de Luiz Castro Martins e Arlete da Silva Martins, que, com suas raízes profundamente entrelaçadas na miscigenação amazônica, combinam a força indígena com a resistência nordestina.

Minha família, de origem humilde, sempre foi marcada pela simplicidade e pelo trabalho árduo. Praticantes da agricultura familiar, meus pais nos ensinaram a viver entre os ecossistemas mais ricos do planeta: a várzea e a terra firme da Amazônia. Foi nesse ambiente que aprendi a valorizar a natureza e as tradições que moldam a nossa região. A vida ribeirinha me deu as primeiras lições sobre resiliência, coletividade e o imenso valor do que temos em nossa terra.

Em 2001, quando ingressei no curso de Bacharelado em Turismo na Universidade do Estado do Amazonas (UEA), teve início minha vida acadêmica. A partir desse momento, tive meu primeiro contato com a pesquisa científica por meio do Programa de Fomento à Iniciação Científica – PROFIC com o projeto Planejamento Ambiental de Trilhas: Uma Alternativa de Desenvolvimento Local à Comunidade Agrícola Tarumã–Açu, 2003-2004.

No ano de 2004, Ronisley da Silva Martins, Jesuete Pacheco Brandão, José Carlos Martins Brandão e Jader Marconi Portela foram contemplados com o Prêmio Professor Samuel Benchimol, na Categoria Ambiental, pelo projeto *“Sistemas Agroflorestais e Turismo como alternativas de desenvolvimento local no assentamento Tarumã Mirim: Comunidade Agrícola de Tarumã-Açu”*. Iniciativa do Programa Ação Pró-Amazônia, com o apoio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Com Voto de Aplausos no Senado nº 1.493, de 2004, Sala das Sessões, 30 de novembro de 2004. – Senador da República Arthur Virgílio, Líder do PSDB.

Entre 2004 e 2005, realizei estágio no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), atuando diretamente nas trilhas do Bosque da Ciência.

No ano de 2005, ao aceitar o convite para estagiar no Departamento de Projetos na Empresa Estadual de Turismo – AMAZONASTUR, aprimorei-me por meio da participação em cursos de formação como: Planejamento e Implantação de Trilhas em Unidade de Conservação, promovido pela Fundação Boticário na Reserva Salto Morato, em Curitiba-PR,

Uso do SIG no Mapeamento de Trilha, na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Metodologias de Manejo de Trilhas – UERJ, entre outros.

No ano de 2009, com a monografia intitulada “Planejamento e Desenvolvimento de Trilhas de Base Comunitária: Uma Abordagem para Implantação da Trilha da Sucuba”, graduei-me como bacharel em Turismo pela Universidade do Estado do Amazonas.

Após a graduação em Turismo, entre 2009 e 2010, concluí a Especialização em Turismo e Desenvolvimento Local pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA) com o trabalho de conclusão: Planejamento Participativo na Implantação da Etnotrilha do Selvagem na Aldeia Beija-Flor no Município de Rio Preto da Eva.

Minha atuação profissional esteve sempre ligada às áreas voltadas ao desenvolvimento de comunidades rurais e indígenas. Em 2011, atuei como gerente do Território da Cidadania Indígena na Secretaria de Estado para os Povos Indígenas (SEIND), além de exercer as funções de gerente de Interiorização do Turismo e chefe de Planejamento na Empresa Estadual de Turismo (AMAZONASTUR), em 2005 e 2014

Professor e instrutor do Centro de Educação Tecnológica do Amazonas (CETAM), de 2005 a 2024, Técnico: Técnico de Guia de Turismo Regional e Técnico em Meio Ambiente nas disciplinas: Sobrevivência na Selva, Ecoturismo, Geografia Regional, Prática Profissional 1 - Condutor de Turismo, Prática Profissional 2 - Guia de Turismo. Instrutor dos cursos de qualificação: Monitor de Ecoturismo, Monitor Ambiental, Condutor de Pesca Esportiva, Condutor Ambiental Local, Condutor Cultural Local, Condutor de Turismo Local, Condutor de Turismo Rural, Planejamento de Trilhas Interpretativas, Elaboração de Roteiros Turísticos, Ecoturismo e Desenvolvimento Sustentável, Empreendedorismo em Ecoturismo, Educação Ambiental, Turismo Rural, Turismo e Meio Ambiente, Associativismo, Cooperativismo, Organização de Eventos, Recepção de Eventos, Produtor de Eventos, Hospitalidade e Gestão Hoteleira.

No ano de 2010, iniciei a docência na pós-graduação: Escola Superior de Artes e Turismo - UEA, cursos lato sensu em Turismo e Desenvolvimento Local e em Gestão e Produção de Eventos.

Em 2015, ingressei no Mestrado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia, tendo como orientadora a Professora Dr^a. Jesuete Pachêco Brandão e como coorientador o Prof. Dr. José Carlos Martins Brandão na área de concentração Amazônia, Território e Ambiente e na linha de pesquisa Domínios da Natureza na Amazônia, dando continuidade à temática de trilhas culturais de deslocamento com uma abordagem na

geografia física, sempre disposto à aprendizagem geográfica, com o objetivo de aprofundar o conhecimento na categoria “paisagem” como objeto de estudo.

Finalizando esse ciclo, a dissertação de mestrado foi defendida em 2017 com o título “As trilhas culturais de deslocamento e a paisagem dos sistemas da agricultura familiar no Projeto de Assentamento Vila Amazônia-AM”.

Como resultado da dissertação, foi publicado o livro *Planejamento de Sistemas de Trilha: Uma Pegada Social, Cultural e Ambiental*, reunindo conteúdos, métodos técnicos e científicos para o processo de planejamento de trilhas no Amazonas.

Como desdobramento da dissertação de mestrado em Geografia, foram publicadas outras produções científicas:

LIVRO

MARTINS, R. S.; GIRÃO, F. E. **Planejamento de Sistema de Trilhas: Uma Pegada Social-Cultural-Ambiental**. 1. ed. Boa Vista: Editora da Universidade Federal de Roraima, 2018. v. 500. 225p.

MARTINS, R. S.; GIRÃO, F. E.; Pacheco, J.B. **Manual Participativo: Planejamento de Trilha Cultural na Comunidade Raposa**. 1. ed. Maringá: VISEU, 2021. v. 100. 116p.

CAPÍTULO DE LIVRO

GIRÃO, F. E.; MARTINS, R. S. Turismo no Espaço Rural na Ilha da Paciência: Uma Experiência no Baixo Solimões, Iranduba/Amazonas. In: Antônio Torino de Rezende Veras, Lúcio Keury Almeida Galdino, Giovanni de Farias Seabra. (Org.). **Coletânea a Conferência da Terra: Línguas, Ritos e Protagonismo nos Territórios Indígenas: Planejamento Ambiental, Recursos Hídricos e Patrimônio Cultural**. 01ed.Boa Vista: Editora da Universidade Federal de Roraima, 2020, v. 03, p. 25-32.

Martins, R. S.; Pacheco, J.B. Trilhas Culturais de Deslocamento no Baixo Amazonas. In: João D'anuzio Azevedo Filho. (Org.). **Turismo no Amazonas: Festival, Festas e Experiências Comunitárias**. 1ed.Belo Horizonte - MG: , 2021, v. 01, p. 120-145.

Martins, R. S.; Silva, M. C. O.; Pacheco, J.B. A Fisionomia da Paisagem das Unidades-Lotes do PA Vila Amazônia, Parintins-Amazonas. In: Antônio Fábio Sabbá Guimarães Vieira - Deivison Carvalho Molinaro (Org.). **Geografia Física da Amazônia**. Volume 2. Ale Cultural: São Paulo, SP, EDU: Manaus, 2021, p.13-36.

Martins, R. S.; Pacheco, J.B. Práticas Socioculturais da Agricultura Familiar, Trilhas e o Turismo Para o Projeto de Assentamento Vila Amazônia-Am. In: Ivani Ferreira de Faria, Jesuete Pacheco Brandão e Paola Verri de Santana (Org). **Aprendizagem Geográficas na Diversidade Amazônica**. Alexa Cultural: São Paulo, SP, EDU: Manaus, 2022, p.121-138.

Ainda no ano de 2017, fui empossado na Prefeitura de Rio Preto da Eva como Secretário Municipal de Turismo, Empreendedorismo. Em 2020, fui reconduzido como

Secretário Municipal de Planejamento, Agroindústria, Comércio e Turismo. Já em 2021, assumi como Secretário Interino agregando outras pastas da Secretaria de Produção, Abastecimento e Defesa Civil.

No mesmo ano de 2021, ingressei no Programa de Pós-Graduação em Geografia para o curso de doutorado com a proposta de projeto "Cenário na Paisagem da Geodiversidade da sub-bacia hidrográfica rio Preto da Eva-AM".

Durante o curso, as disciplinas foram cursadas conforme as orientações da orientadora, visando à fundamentação teórica necessária para a sustentação da proposta do projeto de pesquisa e o aprofundamento nas temáticas específicas relacionadas às categorias de análise da geografia:

- **Epistemologia da Geografia:** inserida como obrigatória no curso de Mestrado em Geografia a partir de 2017, oferece uma ampla gama de atividades e oportunidades de aprendizado para os pesquisadores. Coordenada pela Profa. Dra. Amélia Regina Batista Nogueira, a disciplina adota uma abordagem fenomenológica, com a participação de professores convidados. O Prof. Dr. Marcos Castro de Lima trouxe contribuições sobre a teoria social de Paul-Michel Foucault, focando no sistema do pensamento. Já o Prof. Dr. José Alberto Lima de Carvalho abordou a epistemologia geossistêmica.
- **Atividades de Orientação:** Os pesquisadores terão a chance de aprimorar suas habilidades de orientação acadêmica, preparando-os para liderança e supervisão em suas áreas futuras.
- **Estágio em Docência na Graduação:** Esta disciplina proporcionou uma experiência prática como docente em cursos de graduação, permitindo o planejamento de aulas, o desenvolvimento de materiais didáticos e a avaliação dos alunos, sob supervisão. O estágio foi ministrado nas disciplinas de Cooperativismo, Associativismo, Extensão e Comunicação Rural, sob orientação do Dr. José Carlos Martins Brandão. Curso: Bacharelado em Zootecnia. Período Letivo: 2020.2 (Semestre 2021.2, modalidade remota). Carga Horária Total: 60 horas.
- **Orientação de Tese I:** Este estágio inicia o desenvolvimento da tese, com orientações sobre a elaboração do projeto de pesquisa, revisão bibliográfica e delineamento metodológico. Sob a orientação da Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão, foram abordados aspectos como o estabelecimento da metodologia, definição do tema, delimitação do problema, objetivos, formulação de hipóteses e seleção das referências bibliográficas para a construção do projeto de pesquisa.

- **Recursos Hídricos e Sociedade na Amazônia:** Esta disciplina analisa a interação entre os recursos hídricos e a sociedade na região amazônica, abordando aspectos ambientais, sociais e econômicos. Ministrada pela Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão, a disciplina destaca os conceitos-chave e a relevância dos serviços ambientais para o ecossistema, com ênfase no funcionamento das bacias hidrográficas. A disciplina foi oferecida no primeiro semestre de 2021.
- **Seminários Temáticos:** Esta disciplina oferece um espaço para discussão sobre temas específicos relacionados a Recursos Hídricos e Geotecnologias, promovendo a troca de conhecimentos entre alunos e professores. Sob a orientação do Prof. Dr. Rogério Ribeiro Marinho, foram abordadas as geotecnologias aplicadas aos sistemas fluviais, além do uso do ArcGIS para análise de imagens, realizado no primeiro semestre de 2021.
- **Seminários de Tese I:** Esta disciplina consistiu na apresentação e discussão dos projetos de pesquisa em andamento, com a oportunidade de receber feedback da comunidade acadêmica e dos professores da disciplina. Sob a orientação do Prof. Dr. Antônio Fábio Guimarães Vieira e da Profa. Dra. Ivani Ferreira de Faria, foram abordadas questões relacionadas à epistemologia da pesquisa e ao embasamento teórico necessário para a formatação dos projetos, alinhando-os às linhas de pesquisa. A disciplina foi realizada no primeiro semestre de 2021.
- **Formação Sócio-espacial de Bacias Hidrográficas:** Esta disciplina explora as dinâmicas sociais e espaciais das bacias hidrográficas, considerando o uso da terra, conflitos socioambientais e a gestão dos recursos hídricos. Ministrada pela Profa. Dra. Adorea Rebello da Cunha Albuquerque, a disciplina aborda os conceitos fundamentais de bacias hidrográficas e a prática de morfometria de bacias.
- **Seminário de Tese II:** Neste seminário, foram apresentados os resultados parciais ou finais das teses, promovendo discussões críticas. Sob a orientação da Profa. Dra. Amélia Regina Batista Nogueira e da Profa. Dra. Mírcia Ribeiro Fortes, o seminário conduziu o desenvolvimento do pensamento dos projetos de pesquisa, alinhando-os às linhas de pesquisa e às abordagens epistemológicas pertinentes.
- **Tópicos Especiais III:** Esta disciplina abordou temas relevantes para os Recursos Hídricos na Amazônia, utilizando a abordagem do pensamento complexo e focando na educação ambiental. Foi ministrada pela Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão.

- **Atividades de Pesquisa:** Desenvolveu as investigações propostas no projeto de tese, incluindo a fundamentação teórica, a formatação, a coleta e a análise de dados, sob orientação da Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão.
- **Estágio em Docência na Graduação II:** Esta disciplina ampliou a experiência como docente universitário, com a assunção de responsabilidades crescentes na condução de disciplinas ou projetos educacionais. A disciplina de Gestão de Recursos Hídricos foi ministrada pela Profa. Dra. Jesuete Pachêco Brandão no curso de Bacharelado em Geografia. Período letivo: 2023, semestre 2023.2, com carga horária total de 60 horas.

A qualificação do doutorado é um marco importante e decisivo no percurso acadêmico, pois representa a avaliação do projeto de pesquisa e da capacidade do estudante em desenvolvê-lo de forma consistente e inovadora.

As atividades de orientação, os seminários temáticos, os estágios em docência na graduação, as orientações de tese e os tópicos especiais proporcionam ao pesquisador as ferramentas teóricas e práticas necessárias para o desenvolvimento de um projeto de pesquisa sólido e inovador.

Além disso, essas atividades promovem a reflexão crítica, o aprofundamento teórico e a troca de conhecimentos entre aluno e professor, contribuindo para a construção de um projeto de pesquisa consistente e relevante. A importância dessas disciplinas e orientações para a estruturação do projeto de pesquisa reside na preparação do pesquisador para atuar com excelência em sua área, promovendo o desenvolvimento acadêmico e profissional.

Ao adquirir habilidades de pesquisa, análise crítica, comunicação acadêmica e liderança, o pesquisador se torna mais preparado para enfrentar os desafios da qualificação do doutorado e para contribuir de forma significativa para o avanço do conhecimento em suas áreas de atuação.

Portanto, as disciplinas e orientações fornecidas durante o curso de doutorado em Geografia desempenham um papel essencial na formação do pesquisador, preparando-o para enfrentar com sucesso a etapa de qualificação do doutorado e consolidar sua trajetória como pesquisador e profissional qualificado.

SISTEMA COMPLEXO DA GEODIVERSIDADE DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA RIO PRETO DA EVA-AM: GEOCENÁRIOS PROSPECTIVOS DA FISIONOMIA DA PAISAGEM

RESUMO. Sistema Complexo da Geodiversidade da Sub-bacia Hidrográfica Rio Preto da Eva-AM: Cenários Prospectivos da Fisionomia da Paisagem. Esta tese analisa a fisionomia da paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, na Amazônia Central, sob a ótica da geodiversidade enquanto sistema complexo, ancorada na teoria da complexidade de Edgar Morin. Utiliza-se a modelagem de cenários prospectivos de passado, presente e futuro como estratégia metodológica para interpretar as transformações espaciais resultantes das pressões antrópicas, especialmente após a abertura da rodovia AM-010 e a consolidação do município de Rio Preto da Eva. A pesquisa parte do entendimento da paisagem como unidade espaço-temporal dinâmica, estruturada pelas interações entre os elementos naturais (geologia, relevo, solos, clima e hidrografia) e as práticas de uso e ocupação do solo. Adota-se uma abordagem interdisciplinar e sistêmica, com aplicação de matrizes analíticas, redes de interações complexas e modelagem geoespacial. O Capítulo I apresenta a fundamentação teórico-metodológica, com ênfase na cenarização e na abordagem complexa. O Capítulo II analisa as categorias geográficas de uso e ocupação do solo e sua articulação com a geodiversidade. O Capítulo III aborda a evolução histórica da ocupação territorial e seus impactos. O Capítulo IV realiza uma leitura geoambiental da paisagem e modela cenários futuros a partir dos padrões espaciais observados. Os resultados apontam o uso dos cenários como ferramenta estratégica para o ordenamento do território e a conservação dos serviços ecossistêmicos e da integridade paisagística da região amazônica.

Palavras-chave: Geodiversidade. Cenários prospectivos. Paisagem. Complexidade. Sub-bacia hidrográfica. Planejamento territorial.

COMPLEX SYSTEM OF GEODIVERSITY IN THE RIO PRETO DA EVA SUB-BASIN – AM: PROSPECTIVE GEOSCENARIOS OF LANDSCAPE PHYSIOGNOMY

ABSTRACT. Complex System of Geodiversity in the Preto da Eva River Sub-basin, Amazonas (Brazil): Prospective Scenarios of Landscape Physiognomy. This doctoral thesis analyzes the landscape physiognomy of the Preto da Eva River sub-basin, located in Central Amazonia, through the lens of geodiversity as a complex system, based on Edgar Morin's theory of complexity. The research applies the modeling of past, present, and future prospective scenarios as a methodological tool to interpret spatial transformations driven by anthropogenic pressures, especially following the opening of the AM-010 highway and the territorial consolidation of the municipality of Rio Preto da Eva. The study conceptualizes landscape as a dynamic space-time unit shaped by interactions between natural components (geology, landforms, soils, climate, and hydrography) and land use practices. It adopts an interdisciplinary and systemic approach, incorporating analytical matrices, complex interaction networks, and spatial modeling techniques. Chapter I presents the theoretical-methodological framework, highlighting the concepts of scenario planning and complexity. Chapter II explores geographic categories of land use and geodiversity. Chapter III discusses the historical evolution of land occupation and its impacts. Chapter IV provides a geoenvironmental interpretation of the landscape and models future scenarios based on the observed spatial patterns. The results highlight scenario modeling as a strategic planning tool for territorial management and the conservation of ecosystem services and landscape integrity in the Amazon region.

Keywords: Geodiversity. Prospective scenarios. Landscape. Complexity. Sub-basin. Territorial planning.

**SYSTÈME COMPLEXE DE LA GÉODIVERSITÉ DU SOUS-BASSIN
HYDROGRAPHIQUE DU RIO PRETO DA EVA – AM: GÉOSCÉNARIOS
PROSPECTIFS DE LA PHYSIONOMIE DU PAYSAGE**

RÉSUMÉ. Système Complexe de la Géodiversité du Sous-bassin Versant du Rio Preto da Eva-AM: Scénarios Prospectifs de la Physionomie Paysagère. Cette thèse de doctorat analyse la physionomie du paysage du sous-bassin versant du rio Preto da Eva, situé en Amazonie centrale, à partir de la géodiversité conçue comme un système complexe, en s'appuyant sur la théorie de la complexité d'Edgar Morin. La recherche utilise la modélisation de scénarios prospectifs du passé, du présent et du futur comme méthode pour interpréter les transformations spatiales provoquées par les pressions anthropiques, notamment après l'ouverture de la route AM-010 et la consolidation territoriale de la municipalité de Rio Preto da Eva. La notion de paysage est ici abordée comme une unité dynamique spatio-temporelle, structurée par les interactions entre les éléments naturels (géologie, relief, sols, climat, hydrographie) et les pratiques d'usage des sols. L'approche adoptée est interdisciplinaire et systémique, combinant des matrices d'analyse, des réseaux d'interactions complexes et des outils de modélisation spatiale. Le Chapitre I expose les fondements théoriques et méthodologiques, en mettant l'accent sur la planification de scénarios et la complexité. Le Chapitre II traite des catégories géographiques appliquées à l'usage des sols et à la géodiversité. Le Chapitre III aborde l'évolution historique de l'occupation du territoire. Le Chapitre IV réalise une lecture géoenvironnementale du paysage et modélise des scénarios futurs à partir des configurations spatiales observées. Les résultats démontrent le potentiel des scénarios en tant qu'outil stratégique pour l'aménagement du territoire et la conservation des services écosystémiques et de l'intégrité paysagère de l'Amazonie.

Mots-clés: Géodiversité. Scénarios prospectifs. Paysage. Complexité. Sous-bassin versant. Aménagement du territoire.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Anel tetragramático.....	33
Figura 2: Organização Básica do Aporte Teórico	34
Figura 3: Diagrama das Categorias de Análise	35
Figura 4: Estratégia e os meios metodológicos do estudo na SBH do rio Preto da Eva-AM... 36	
Figura 5: Curso Inferior – Floresta de Baixo.....	97
Figura 6: Expedição Científica do Curso Fluvial Superior ao Curso Fluvial Médio	104
Figura 7: Elementos de rede da complexidade.....	128
Figura 8: Mapa de altitude da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva	136
Figura 9: Mudança da fisionomia da paisagem no médio curso do rio Preto da Eva	147
Figura 10: Organização metodológica das dimensões analíticas dos Geocenários da Paisagem	174
Figura 11: Modelo metodológico dos Geocenários da Paisagem	178
Figura 12: Modelo interpretativo do Geocenário de 1985	186
Figura 13: Modelo evolutivo dos Geocenários da Paisagem	204
Figura 14: Estrutura conceitual do Geocenário Atua	212
Figura 15: Modelo metodológico dos Geocenários Prospectivos	214
Figura 16: Modelo sistêmico dos fatores motores e das retroalimentações	218
Figura 17: Modelo conceitual do Geocenário Prospectivo de Continuidade	221
Figura 18: Modelo conceitual do Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável ...	225
Figura 19: Modelo conceitual do Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica	228
Figura 20: Modelo Integrado dos Geocenários da Paisagem	232

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Mapa da Unidade de Contexto Geográfico	26
Mapa 2: Mapa da Área de Estudo – UEC	27
Mapa 3: Mapa de Unidades Territoriais da Sub-bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva	29
Mapa 4: Mapa do Perímetro Urbano da cidade de Rio Preto da Eva	31
Mapa 5: Uso e Cobertura da Terra – Classes de 1985.....	81
Mapa 6: Uso e Cobertura da Terra – Classe de 1995	81
Mapa 7: Uso e Cobertura da Terra – Classe de 2000	82
Mapa 8: Classes de Uso e Cobertura da Terra de 2005.....	91
Mapa 9: Cobertura e Uso da Terra – Classe de 2010	91
Mapa 10: Cobertura e Uso da Terra – Classe de 2015	92
Mapa 11: Classes de Uso e Cobertura da Terra de 2023.....	95
Mapa 12: Curso Fluvial Superior – 2023	100
Mapa 13: Curso Fluvial Médio – 2023.....	103
Mapa 14: Curso Fluvial Inferior – 2023.....	109
Mapa 15: Curso Fluvial Superior do rio Preto da Eva	154
Mapa 16: Curso Fluvial Médio do rio Preto da Eva.....	155
Mapa 17: Curso Fluvial Inferior do rio Preto da Eva.....	156

LISTA DE SIGLAS

AMAZONASTUR	- Empresa Estadual de Turismo do Amazonas
APP	- Área de Preservação Permanente
ARL	- Área de Reserva Legal
BH	- Bacia Hidrográfica
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPA	- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
SDS	- Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas
SEIND	- Secretaria de Estado para os Povos Indígenas
SBH	- Sub-bacia Hidrográfica
SIPAM	- Serviço de Proteção da Amazônia
UCG	- Unidade de Contexto Geográfico
UEA	- Universidade do Estado do Amazonas
UEC	- Unidade Espaço-Temporal de Cenarização
UERJ	- Universidade do Estado do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
Problematização da Pesquisa	22
Unidade de Contexto Geográfico (UCG).....	24
Unidade Espaço-Temporal de Cenarização (UEC).....	27
Organização político-administrativa dos limites na e sobre a SBH do rio Preto da Eva (AM)	29
METODOLOGIA DA PESQUISA.....	32
Método de Abordagem	32
Método Procedimental: Estudo de Caso.....	35
Etapas da Pesquisa e as Técnicas Metodológicas.....	37
CAPÍTULO I – APORTES TEÓRICOS DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE DA GEOGRAFIA E SUA RELAÇÃO COM A COMPLEXIDADE DE EDGAR MORIN NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	44
1.1 Geografia e a complexidade de Edgar Morin.....	45
Princípios da complexidade aplicados aos estudos geográficos.....	49
Pensamentos complexos de Morin na abordagem geográfica contemporânea	52
1.2 Cenários e a fisionomia da paisagem	54
Transformações da paisagem ao longo do tempo.....	57
Importância dos cenários naturais	58
1.3 Paisagem e a geodiversidade.....	59
1.3.1 Geodiversidade e sua relação com a paisagem.....	61
1.3.2 Elementos da Geodiversidade	63
1.4 Sub-bacia hidrográfica e a dinâmica do uso e ocupação do solo	64
1.4.1 Sub-bacias hidrográficas na dinâmica de uso e ocupação do solo	65
1.4.2 Atividades da sociedade nas sub-bacias hidrográficas e nos recursos hídricos associados	67
1.5 As redes da complexidade.....	70
1.5.1 Interconexões e interdependências entre os elementos das redes geográficas	73
CONSIDERAÇÕES.....	74
CAPÍTULO II – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, COBERTURA DA TERRA E REDES DA COMPLEXIDADE NA SUB-BACIA DO RIO PRETO DA EVA	76
2.1 Matrizes e classes de uso, ocupação e cobertura da terra.....	86

2.2 Dinâmica do uso e cobertura da terra por curso fluvial	98
2.3 Redes da complexidade da paisagem por compartimento fluvial	110
2.4 Matrizes e redes para a conservação dos recursos hídricos	121
CONSIDERAÇÕES	125
CAPÍTULO III: PAISAGEM DOS ELEMENTOS DA GEODIVERSIDADE NA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO DA EVA	127
3.1 Caracterização da geodiversidade da área de estudo	128
3.2 Caracterização da Unidade Espacial de Análise da sub-bacia hidrográfica e das unidades de paisagem da geodiversidade	129
3.2.1 Rede Hidrográfica.....	130
3.2.2 Aspectos Climáticos	131
3.2.3 Aspectos Morfológicos e Topográficos.....	131
3.2.4 Relevo e Formas de Representação	132
3.2.5 Representação da fauna	133
3.2.6 Formações e processos geológicos	135
3.2.7 Solos e suscetibilidade morfodinâmica	135
3.2.8 Hipsometria e Compartimentação Altimétrica do Relevo.....	138
3.2.9 Vegetação como Indicador Físico-Morfológico.....	139
3.3 Elementos da geodiversidade na sub-bacia hidrográfica	141
3.4 Morfometria fluvial da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva	147
3.5 Canais fluviais na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva	150
3.5.1 Caracterização hidrogeomorfológica dos cursos fluviais da sub-bacia do rio Preto da Eva	153
CONSIDERAÇÕES	157
CAPÍTULO IV – GEOCENÁRIOS DA PAISAGEM NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO DA EVA SOB A PERSPECTIVA DOS SISTEMAS COMPLEXOS	159
4.1 Construção e fundamentação dos geocenários da paisagem.....	161
4.2 Estado da arte e lacunas científicas dos geocenários da paisagem	164
4.2.1 Proposição conceitual dos geocenários da paisagem	167
4.2.2 Princípios estruturantes dos Geocenários da Paisagem.....	170
4.2.3 Dimensões Analíticas dos Geocenários da Paisagem.....	173
4.2.4 Modelo Teórico-Metodológico dos Geocenários da Paisagem.....	177

4.2.5 Estrutura de integração dos componentes analíticos	178
4.2.6 Matriz de integração dos Geocenários da Paisagem	179
4.2.7 Operacionalização dos Geocenários da Paisagem.....	180
4.3 Geocenário Retrospectivo da Paisagem: evolução espaço-temporal da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva (1985–2023).....	180
4.3.1 Organização metodológica da análise retrospectiva.....	182
4.3.2 Evolução dos componentes estruturantes da paisagem	183
4.3.3 Evolução dos Geocenários da Paisagem (1985–2023).....	184
4.3.4 Síntese do Geocenário Retrospectivo da Paisagem.....	205
4.4 Geocenário Atual da Paisagem: diagnóstico integrado da configuração contemporânea da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva	209
4.4.1 Estrutura funcional do Geocenário Atual	211
4.4.2 Diagnóstico integrado por compartimento hidrográfico	211
4.4.3 Modelo conceitual do Geocenário Atual	212
4.5 Geocenários Prospectivos da Paisagem	213
4.5.1 Bases metodológicas da construção prospectiva	214
4.5.2 Variáveis estruturantes	215
4.5.3 Fatores motores da reorganização da paisagem	215
4.5.4 Incertezas críticas e mecanismos de retroalimentação	216
4.5.5 Critérios para a construção dos Geocenários Prospectivos	218
4.5.6 Geocenário Prospectivo de Continuidade da Paisagem	219
4.5.7 Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável da Paisagem.....	222
4.5.8 Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica da Paisagem.....	225
4.5.9 Síntese comparativa dos Geocenários Prospectivos.....	228
4.6 Síntese Integrada dos Geocenários da Paisagem.....	229
CONSIDERAÇÕES FINAIS	232
REFERÊNCIAS	235

1. INTRODUÇÃO

A riqueza e a diversidade das paisagens da Região Amazônica têm sido fontes de fascínio e inspiração ao longo dos séculos, como pode ser verificado nos escritos do *Diário de Viagem* de Francisco Xavier Ribeiro Sampaio, de 1774-1775

Nessas paisagens, não se pode negar a existência da curiosidade e de estudos com finalidades diversas, entre os quais a exploração da navegação fluvial na maior bacia hidrográfica do mundo e o funcionamento dos sistemas naturais que a compõem.

A esse respeito, Wulf (2016) ressalta a expedição do geógrafo Alexandre von Humboldt pelas bacias hidrográficas (BH) dos rios Orinoco e Amazonas em 1799-1804, a qual revelou a interconexão desses imponentes sistemas fluviais.

Nesta pesquisa de doutoramento, também está incluído o contexto dessa importante bacia hidrográfica (Bh) modelada pelo maior rio do planeta (rio Amazonas-Solimões), no que se refere à geodiversidade, entre outros elementos que compõem a fisiografia fluvial e a relação com o uso e ocupação do solo.

Trata-se da fisionomia da paisagem de uma das sub-bacias hidrográficas (SBH do rio Preto da Eva), também denominada fisiograficamente de afluente principal, hierarquizada no Curso Fluvial Médio (CFM) do citado rio. Desse modo, definiu-se como principal eixo orientador deste estudo o *complexus* dos geocênários, ou seja, as feições de determinada paisagem que assumem formas distintas, seja como resultado da própria natureza, seja pela (re)organização do espaço geográfico na relação sociedade-natureza

A paisagem, para Bertrand (2007, p. 331) “é um objeto de estudo bem definido, que está profundamente ligado ao pensamento e à ecologia”. A paisagem é uma forma de pensar e interpretar a realidade geográfica. Para Brunhes (1962), toda espécie humana que habita a Terra faz parte da paisagem, incluindo suas histórias, modos de vida, culturas e comportamentos. Para Furlan (2019), a paisagem não é estática, pois são os movimentos nas redes de interações que resultam nas distintas conexões.

A elaboração de geocênários sobre o estado da fisionomia da paisagem, relacionada aos elementos da geodiversidade de um sistema fluvial e à crescente incidência do uso e ocupação do solo, permite evidenciar as dinâmicas das interações no espaço geográfico, a partir do tetragrama da complexidade, como citam Morin e Kern (2002):

[...] A ordem e a desordem não subsistem sozinhas, interagem entre si. A desordem está sempre presente, como elemento perturbador, na ordem. Por sua vez, a ordem pressupõe um certo grau de desorganização. Portanto, uma visão mais complexa de

ordem implica uma interação com a desordem, e qualquer desordem supõe um grau de organização. Esses quatro elementos: ordem, desordem, interação e organização possibilitam uma compreensão mais complexa das várias realidades do Universo (Morin e Kern, 2002, p. 52).

Assim, tomando como princípio a construção de cenários, foram elaborados geocenários do passado e do presente, bem como a prospecção de cenários futuros, por possibilitarem planejamentos voltados a decisões-chave mais abrangentes (Schwartz, 2000), como escreveram Oliveira Mortitz e Fernandes Pereira (2005):

O objetivo do planejamento por cenários é nos ajudar a eliminar as descrenças em todos os futuros: permitir que pensemos na possibilidade de que qualquer um deles possa tornar-se realidade. Por isso os planejadores de cenários evitam previsões únicas e prospectam com modelos e técnicas inovadoras e criativas, visando a um futuro melhor e mais adequado às organizações (Oliveira Mortitz e Fernandes Pereira, 2005, p. 19).

Para um dos pioneiros na estruturação de cenários, Buarque (2003), a construção deles tem como objetivo considerar as possíveis ocorrências positivas e negativas, sem eliminar incertezas e variáveis que afetam eventos futuros, pois, à medida que o tempo transcorre e os impactos se manifestam, aumenta também a complexidade dos processos envolvidos, como citam Morin e Kern (2002):

A realidade mundial é justamente inapreensível; ela comporta enormes incertezas devidas à sua complexidade, às suas flutuações, a seus dinamismos mesclados e antagônicos, às suas bifurcações inesperadas, às suas possibilidades que parecem impossíveis e às suas impossibilidades que parecem possíveis. A inapreensibilidade da realidade global retroage sobre as partes singulares, uma vez que o devir das partes depende do devir do todo (Morin e Kern, 2002, p. 133-134).

Neste estudo, conforme exposto anteriormente, a SBH do rio Preto da Eva constitui o objeto de análise, cuja relevância reside na possibilidade de diagnosticar e prognosticar, por meio de geocenários, as interações entre os sistemas da natureza e da sociedade humana, considerando a paisagem como categoria da Geografia.

Problematização da Pesquisa

A SBH do rio Preto da Eva, situada na Amazônia Central e inserida nos limites dos municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Itacoatiara, tem sido submetida a transformações dos geocenários da paisagem de elevada magnitude desde meados do século XX, associadas, sobretudo, aos processos de colonização agrícola, implantação da infraestrutura viária e posterior expansão agropecuária e urbana.

Tais transformações intensificaram-se a partir da década de 1960, quando a Colônia Agrícola local foi elevada à categoria de município de Rio Preto da Eva, pela Lei Estadual nº

01, de 12 de abril de 1961, seguida de sua extinção em 1964, sem que, contudo, cessassem os fluxos de ocupação territorial e as pressões sobre os recursos naturais.

Nesse contexto, a abertura da rodovia AM-1, atual Rodovia AM-010, constitui-se como marco estruturante da reorganização espacial da área, iniciada durante o governo de Plínio Ramos Coelho, aprofundada sob a gestão de Gilberto Mestrinho (1959–1963) e consolidada durante o regime militar no governo de Arthur César Reis.

A implantação dessa via favoreceu o adensamento populacional, a expansão de atividades produtivas e a integração territorial regional; entretanto, também desencadeou efeitos ambientais adversos expressivos, especialmente relacionados ao desmatamento de remanescentes florestais, à intensificação dos processos erosivos, à degradação dos solos e à alteração do regime hidrossedimentológico dos cursos d'água.

Estudos recentes indicam que as obras iniciais de topografia e abertura da estrada já provocavam, desde sua implantação, impactos diretos sobre a cobertura vegetal e os solos adjacentes, desencadeando padrões desordenados de uso e ocupação do solo e de cobertura da terra nas áreas marginais da rodovia, além da ampliação progressiva de frentes agrícolas e núcleos urbanos.

Embora a rodovia represente um elemento de desenvolvimento socioeconômico regional, seus efeitos cumulativos têm produzido alterações estruturais na paisagem, traduzidos na redução da integridade ecológica da sub-bacia e no comprometimento de funções ecossistêmicas fundamentais.

A partir da década de 1980, com a elevação de Rio Preto da Eva novamente à condição de município, verifica-se novo ciclo de crescimento baseado inicialmente na agropecuária, seguido pelo avanço da urbanização, cujos efeitos seguem em curso no tempo presente.

O padrão espacial dessas transformações não se distribui de forma homogênea na sub-bacia: observa-se maior intensidade de uso e ocupação no território de Rio Preto da Eva, com crescimento progressivo no setor pertencente a Itacoatiara, principalmente no curso fluvial inferior, enquanto Manaus exerce influência mais restrita ao trecho inicial do curso médio do sistema fluvial, ao longo da AM-010.

Diante desse quadro, a presente tese apresenta a construção de geogeocenários da paisagem a partir da análise dos elementos da geodiversidade, tais como solos, relevo e hidrografia, parâmetros físicos da água e cobertura vegetal em associação com os padrões de uso e ocupação do solo. Tomando como questão norteadora a seguinte inquietação: em que

medida as transformações na paisagem da sub-bacia rio Preto da Eva comprometem a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos e ampliam os desserviços ambientais, diante da intensificação de infraestruturas, expansão urbana, atividades recreativas, cargas poluentes difusas e pontuais e da possível implantação de um Distrito Bioagroindustrial?

Diante do exposto, o estudo foi desenvolvido a partir dos seguintes objetivos:

Objetivo geral - Construir geogeocenários da paisagem (passado, presente, futuro), partindo das redes de complexidade dos elementos da geodiversidade que constituem a sub-bacia rio Preto da Eva na perspectiva espaço-temporal futura para um horizonte de 20 anos. **Objetivos específicos** – i) Abordar os aportes teóricos da paisagem e das categorias de análise na perspectiva dos Geogeocenários, da geodiversidade dos sistemas hidrográficos, articuladas à epistemologia da complexidade; ii) Elaborar matrizes e redes da complexidade com as classes de uso e ocupação do solo da SBH do rio Preto da Eva; iii) Caracterizar a paisagem da fisiografia fluvial da SBH do rio Preto da Eva; iv) Organizar geogeocenários de passado, presente e futuro sobre o estado da paisagem da sub-bacia hidrográfica rio Preto da Eva na perspectiva do sistema complexo.

As premissas expostas delineiam o estado da arte a partir da seguinte estrutura:

Unidade de Contexto Geográfico (UCG); Unidade Espaço-Temporal de Cenarização (UEC); Área de Estudo; Metodologia; Capítulo I; Capítulo II; Capítulo III; e Capítulo IV.

Unidade de Contexto Geográfico (UCG)

A Unidade de Contexto Geográfico (UCG) deste estudo corresponde à delimitação territorial que engloba os municípios direta ou indiretamente vinculados à configuração espacial da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva (SBH-RPE), localizada no estado do Amazonas.

De acordo com a Lei Estadual nº 1.707, de 23 de outubro de 1985, que estabelece os limites intermunicipais oficiais, a área de abrangência da sub-bacia está inserida entre os territórios de Manaus, à margem direita do curso inferior, e Itacoatiara, à margem esquerda. Essa disposição espacial evidencia a interconexão entre os sistemas hidrográficos e territoriais, refletindo a complexidade dos processos físicos, ecológicos e socioeconômicos que estruturam a paisagem e a geodiversidade.

A sub-bacia do rio Preto da Eva apresenta maior representatividade territorial no município de Rio Preto da Eva, onde se concentra a porção predominante de sua área.

Contudo, suas zonas limítrofes mantêm interfaces com Manaus e Itacoatiara, o que reforça a necessidade de uma gestão integrada e multiescalar entre os entes municipais. Essa integração é fundamental para a manutenção da funcionalidade hidroambiental da sub-bacia, considerando a continuidade dos fluxos hídricos e os processos ecológicos compartilhados, conforme ilustrado no Mapa 01.

Segundo a Lei Estadual nº 1.707/1985, os limites entre os municípios de Manaus e Rio Preto da Eva iniciam-se na coordenada geográfica de longitude $-59^{\circ}30'1.108''$ e latitude $-2^{\circ}50'18.825''$, estendendo-se em direção ao rio Urubu até a coordenada de longitude $-60^{\circ}0'1.758''$ e latitude $-2^{\circ}7'12.685''$.

A partir desse ponto, a linha divisória segue pela linha mediana do rio Urubu até a confluência com o igarapé Tucumã (Manaus); por sua vez, o igarapé é percorrido por sua linha mediana até suas cabeceiras.

Em seguida, a linha divisória se orienta a oeste, até encontrar o igarapé Jatuarana, acompanhando-o por sua linha mediana até suas nascentes, situadas no divisor de águas entre o rio Preto da Eva e o Puraquequara (Manaus). Esse divisor segue para noroeste, alcançando o limite com a bacia do igarapé Tarumã, estendendo-se até interceptar a rodovia BR-174, e desta, no sentido do estado de Roraima, até sua interseção com o rio Urubu.

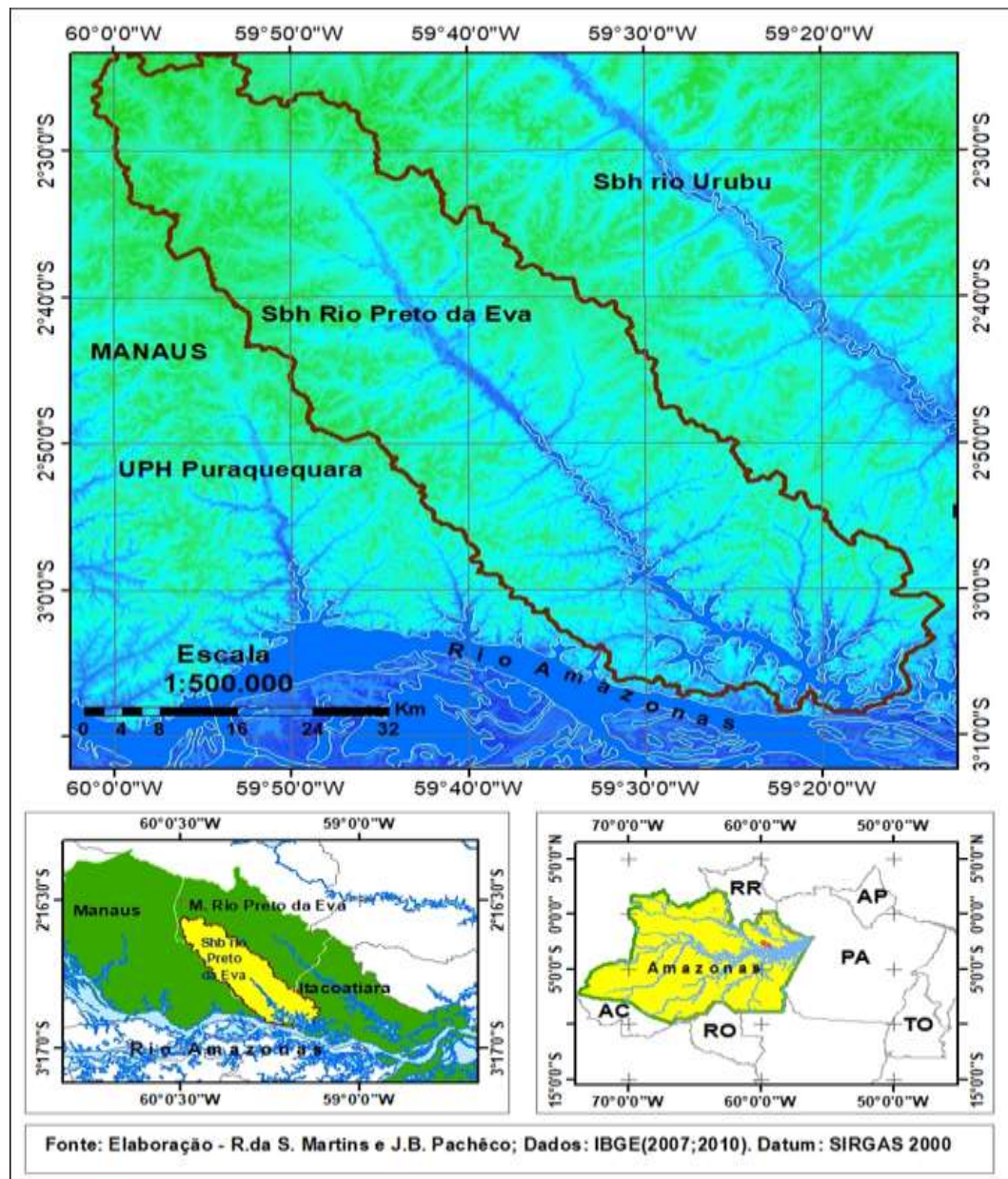
Ainda de acordo com a mesma legislação, os limites do município de Itacoatiara com Rio Preto da Eva iniciam-se na interseção do divisor de águas dos igarapés Lindóia e Bolha com o divisor de águas dos rios Urubu e Uatumã, estendendo-se até o divisor de águas do igarapé Iga.

As coordenadas que delimitam essa interface vão de longitude $-59^{\circ}30'1.108''$ e latitude $-2^{\circ}58'18.825''$ até a coordenada de longitude $-59^{\circ}9'21.200''$ e latitude $-2^{\circ}31'2.843''$. Portanto, a delimitação territorial da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, evidenciada na sobreposição cartográfica dos limites municipais e das drenagens principais (**Mapa 01**), revela uma unidade geográfica estratégica para o planejamento ambiental e territorial do estado do Amazonas. Tal configuração é fundamental para a compreensão integrada da dinâmica espacial da sub-bacia, suas interações ecológicas e implicações antrópicas.

Unidade Espaço-Temporal de Cenarização (UEC)

Para a realização deste estudo, delimitou-se a UEC com aproximadamente 1.994,75 km², inserida na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva (**Mapa 02**), considerando os limites naturais da bacia e os condicionantes geográficos regionais. Essa unidade foi subdividida em dois compartimentos principais: a UEC 1 e a UEC 2.

Mapa 2: Mapa da Área de Estudo – UEC



Fonte: Elaborado por Martins e Pacheco (2024).

A primeira unidade corresponde à área a montante da ponte sobre o rio principal (987,97 km²). A UEC 2 corresponde à porção a jusante, com 1.006,78 km². Tal divisão permitiu a análise comparativa de diferentes geocenários nos contextos da paisagem e da geodiversidade, identificando os elementos ecossistêmicos dos serviços ambientais e os padrões de uso e ocupação do solo e cobertura da terra, bem como a identificação de distintas pressões antrópicas sobre o sistema natural.

A área de estudo, correspondente à sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva (SBH-RPE), situa-se na Região Metropolitana de Manaus (RMM) e abrange porções dos municípios de Manaus, Rio Preto da Eva e Itacoatiara. O referido sistema fluvial (SBH-RPE) encontra-se delimitado entre as coordenadas 3°08'23.60" S e 2°29'13.16" S de latitude sul e 59°18'16.32" W e 60°00'37.26" W de longitude oeste.

No contexto regional, a sub-bacia apresenta como limite meridional os municípios de Manaus e Itacoatiara, sendo sua delimitação fundamentada na configuração física do relevo, na estrutura da rede de drenagem e na lógica do escoamento superficial, de acordo com as diretrizes da cartografia temática e da base geográfica oficial (IBGE, 2010; BRASIL, 2006).

Durante a caracterização morfométrica, verificou-se que a sub-bacia apresenta uma conformação alongada, com orientação predominante no sentido noroeste-sudeste, comprimento estimado em 120 km e largura máxima de 50 km. A elevada razão de forma observada indica maior heterogeneidade no escoamento superficial, com implicações diretas sobre o tempo de concentração das águas pluviais e a complexidade da rede de drenagem (Christofolletti, 1980).

A aplicação da Unidade Espaço-Temporal de Cenarização (UEC) como base metodológica possibilitou a análise integrada da paisagem a partir da articulação entre diferentes dimensões do território. Essa abordagem viabilizou a construção de geocenários da paisagem, fundamentados nas interações entre os aspectos físicos, ecológicos e sociais, permitindo interpretar os processos de uso e ocupação da terra sob uma ótica sistêmica.

Com isso, consolidou-se uma perspectiva espacialmente orientada, voltada à compreensão da estrutura ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, à luz das transformações antrópicas e das dinâmicas naturais que atuam simultaneamente sobre o território. Como desdobramento dessa abordagem, o estudo avançou para a delimitação da Unidade de Contexto Geográfico (UCG), cujo propósito consiste em aprofundar a análise da paisagem com base na articulação entre os elementos geoecológicos e os condicionantes territoriais.

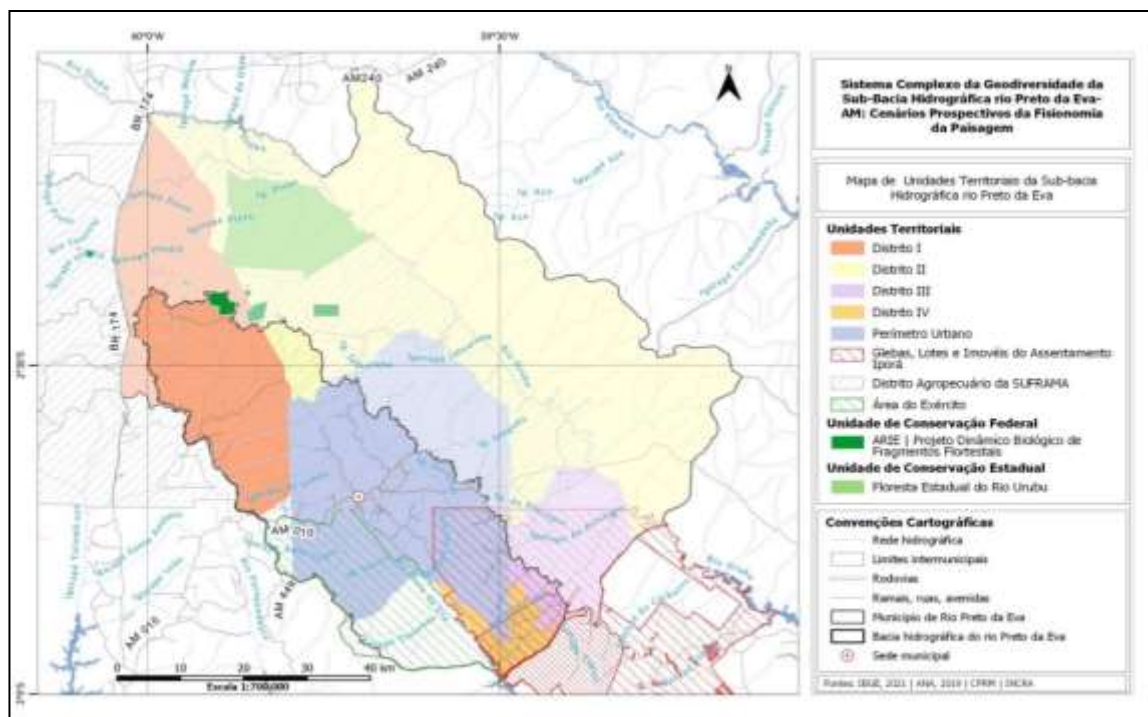
Assim, no capítulo seguinte, procede-se à caracterização da UCG, integrando referenciais teóricos e procedimentos metodológicos que sustentam a modelagem dos geocenários ambientais prospectivos.

Organização político-administrativa dos limites na e sobre a SBH do rio Preto da Eva (AM)

O município de Rio Preto da Eva, situado na porção central do estado do Amazonas, integra a área de influência da Região Metropolitana de Manaus e apresenta limites territoriais bem definidos com os municípios de Manaus, a oeste, e Itacoatiara, a leste. Sua organização político-administrativa é regulamentada pela Lei Municipal nº 437, de 20 de março de 2019, que institui a divisão do território municipal em quatro distritos administrativos, com a finalidade de promover o ordenamento espacial, a descentralização da gestão pública e a adequação das políticas territoriais às especificidades ambientais e socioeconômicas locais.

Com base na análise espacial da base cartográfica oficial, elaborada em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), as porcentagens de área atribuídas a cada distrito foram calculadas a partir da mensuração direta dos polígonos territoriais (**Mapa 03**).

Mapa 3: Mapa de Unidades Territoriais da Sub-bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Os resultados indicam que o Distrito I ocupa aproximadamente 8% da área municipal; o Distrito II, cerca de 32%; o Distrito III, aproximadamente 27%; e o Distrito IV, em torno de 18%. O perímetro urbano, delimitado conforme o Mapa do Perímetro Urbano (2022), corresponde a cerca de 1% da área total do município, concentrando a sede administrativa e os principais núcleos habitacionais.

O Distrito I localiza-se na porção sul do município, abrangendo a sede urbana de Rio Preto da Eva e áreas adjacentes, caracterizando-se como o principal núcleo administrativo e de serviços. Embora não estabeleça limite territorial direto com Manaus ou Itacoatiara, apresenta elevada conectividade regional por meio da rodovia AM-010, principal eixo de ligação com a capital do estado.

O Distrito II, que corresponde à maior unidade territorial, situa-se na porção leste do município e estabelece limite territorial direto com o município de Itacoatiara. Delimitado ao sul pela divisa intermunicipal, ao norte pelo igarapé da Paciência e a oeste pelos Distritos I e III, esse distrito concentra áreas de colonização agrícola, assentamentos rurais e infraestrutura produtiva, configurando-se como zona estratégica de interface territorial entre Rio Preto da Eva e Itacoatiara.

O Distrito III ocupa a porção norte do município, limitando-se ao norte com Presidente Figueiredo e ao sul pelos igarapés da Paciência e do Jatuá. Com baixa densidade populacional e elevada cobertura vegetal, esse distrito não estabelece contato direto com Manaus ou Itacoatiara, desempenhando papel relevante na conservação ambiental e na transição entre áreas preservadas e usos produtivos.

O Distrito IV, localizado na porção oeste do território municipal, estabelece limite territorial direto com o município de Manaus, configurando a principal frente de interação espacial entre Rio Preto da Eva e a capital do estado. Delimitado ao sul pela rodovia AM-010, ao norte por Presidente Figueiredo e a leste pelo Distrito III, esse distrito apresenta extensas áreas florestais, presença significativa de áreas sob domínio do Exército Brasileiro e reduzida ocupação humana.

Do ponto de vista fundiário, a análise cartográfica evidencia a predominância do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, que ocupa aproximadamente 60% da área municipal, distribuído principalmente nos Distritos II, III e IV, reforçando a integração econômica e territorial com Manaus. Destacam-se ainda o Assentamento Iporá, sob gestão do INCRA, concentrado na porção leste do município, em proximidade com Itacoatiara, e as áreas militares, localizadas majoritariamente no Distrito IV, junto ao limite com Manaus.

Segundo dados da Prefeitura Municipal de Rio Preto da Eva (2022), o município possui 51.762 habitantes, dos quais 17.277 concentram-se na zona urbana e 34.485 residem em áreas rurais, evidenciando a predominância demográfica do meio rural. No setor urbano, destacam-se os conjuntos Sebastião Ferreira Costa, com 1.806 habitantes, e o Loteamento 09, com 1.480 habitantes, além dos bairros Monte Castelo I e II, que, conjuntamente, superam 3.000 residentes. As zonas institucionais e comerciais não apresentam população residente, conforme indicado pela cartografia oficial do município.

A população rural encontra-se distribuída de forma diferenciada entre os distritos administrativos, com maior concentração no Distrito I, que abriga 14.129 habitantes,

organizados em aproximadamente 4.037 famílias. O Distrito II contabiliza 9.776 habitantes, seguido pelo Distrito III, com 7.266, e pelo Distrito IV, com 3.315 habitantes. Essa configuração espacial reflete um padrão de ocupação fortemente associado às atividades agrícolas e extrativistas, demandando estratégias específicas de planejamento e gestão territorial.

A análise integrada dos dados demográficos, fundiários e cartográficos evidencia a complexidade da organização territorial de Rio Preto da Eva, marcada pela coexistência de áreas urbanas consolidadas, extensas zonas produtivas e unidades de conservação. Essa diversidade espacial impõe desafios à governança territorial, exigindo políticas públicas multiescalares capazes de articular conservação ambiental, equidade territorial e desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA DA PESQUISA

As estratégias metodológicas deste estudo estruturam-se a partir da articulação entre a abordagem epistemológica do pensamento complexo, proposta por Edgar Morin, e o método do Estudo de Caso, sistematizados por Robert K. Yin. Essa integração orienta o percurso investigativo ao alinhar fundamentos teóricos e operacionais, permitindo a análise de fenômenos complexos inseridos em seus contextos reais.

No plano procedimental, adota-se o método do estudo de caso, conforme proposto por Yin, por sua adequação à investigação aprofundada de fenômenos contemporâneos em seus contextos de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não se apresentam claramente definidos (Yin, 2005). Esse procedimento metodológico permite a utilização integrada de múltiplas fontes de evidência, favorecendo uma análise contextualizada e consistente do objeto de estudo.

Dessa maneira, dois são os métodos adotados neste estudo:

Método de Abordagem

A presente pesquisa adota como abordagem metodológica o pensamento da complexidade, fundamentado na epistemologia proposta por Edgar Morin, por compreender que os fenômenos socioambientais se constituem por múltiplas interações, não linearidades e incertezas.

A epistemologia da complexidade constitui o método de abordagem da pesquisa, ao compreender a realidade como um sistema dinâmico, relacional e não linear, marcado por

interações, incertezas e processos de reorganização contínua. O pensamento complexo possibilita superar explicações fragmentadas e reducionistas, ao adotar uma leitura sistêmica e integrada dos fenômenos, orientada pelo sistema tetralógico: ordem, desordem, organização e interação, que fundamenta a interpretação das dinâmicas analisadas (Morin, 2011).

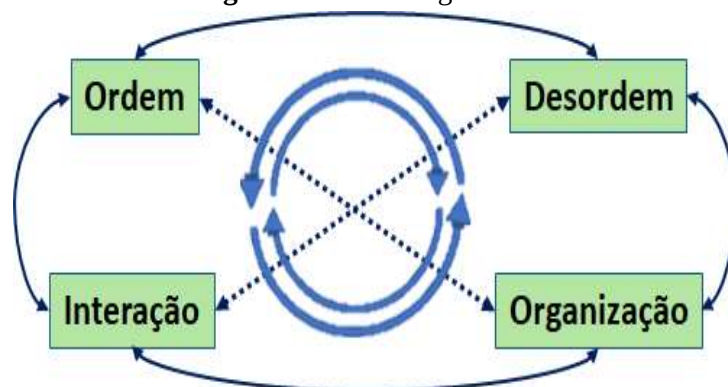
Nessa perspectiva, a análise é orientada pelo sistema tetralógico ordem, desordem, organização e interação, cujas relações são simultaneamente complementares e antagônicas, permitindo apreender a dinâmica dos sistemas complexos para além de explicações reducionistas (Morin, 2003; 2005; 2011).

Segundo Morin, a complexidade manifesta-se por meio de um anel dialógico no qual a desordem pode gerar ordem e organização, assim como a ordem e a organização produzem desordem em função das transformações contínuas dos sistemas.

Tal dinâmica configura um circuito espiralado irreversível, no qual ocorrem reorganizações permanentes, conforme representado na **Figura 01** (Morin, 2011). Essa concepção afasta a noção de equilíbrio estático e fundamenta a compreensão da realidade como processo.

A abordagem metodológica também se ancora na metáfora do nó górdio, utilizada por Morin para representar a complexidade das situações-problema, nas quais ordem e desordem se entrelaçam de forma indissociável. .

Figura 1: Anel tetragramático

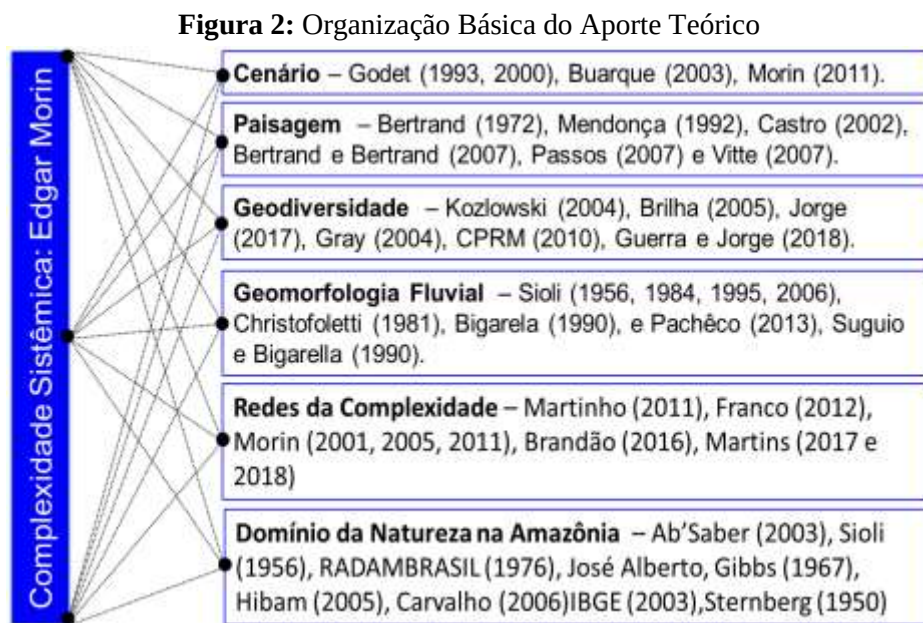


Fonte: Elaborado por Martins (2024).

As interações, embora marcadas pela aleatoriedade, produzem efeitos organizadores quando estruturadas em redes sob determinadas condições, estabelecendo padrões necessários à compreensão dos sistemas (Morin, 2005; 2011). Essa perspectiva dialoga com a concepção relacional de espaço-tempo, na qual as práticas espaciais se configuram de maneira complexa e historicamente situada (Harvey, 2014).

No âmbito deste estudo, essa abordagem orienta a análise dos geocenários da paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, considerando as interações entre os elementos naturais e as ações antrópicas. A geodiversidade é adotada como macrocategoria analítica, abrangendo componentes geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos, pedológicos, biológicos e sociais, integrados em uma rede complexa que estrutura a paisagem (Kozłowski, 1999; 2001; Kozłowski *et al.*, 2004).

A aplicação do pensamento complexo na abordagem metodológica possibilita a integração de múltiplas escalas e dimensões analíticas, superando abordagens fragmentadas e favorecendo uma leitura sistêmica do território. Os princípios do anel tetralógico orientam a interpretação dos dados e a articulação entre teoria, método e análise, assegurando coerência entre os objetivos da pesquisa e os resultados obtidos (**Figura 02**).

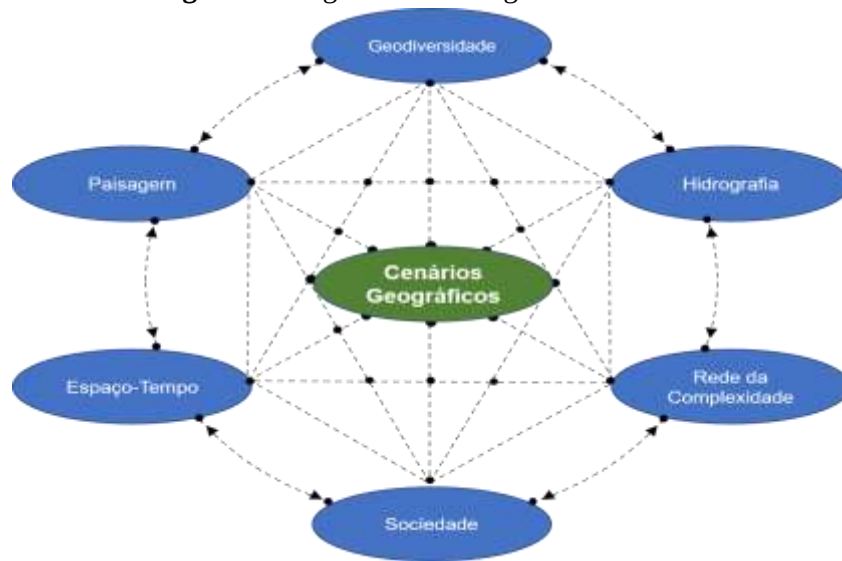


Fonte: Elaborado por Martins (2024).

As referências utilizadas possuem caráter básico, porém abrangem diferentes campos do conhecimento, considerando o caráter inovador do estudo e sua abordagem integrada, conforme as categorias de análise sintetizadas na **Figura 03**.

A apresentação das categorias de análise e do referencial apresentado, ainda que parcial, fundamenta-se na busca por uma pesquisa inédita que vai além dos dois sentidos da realidade (temporal fatural), denominado por Edgar Morin (2003, p. 123) de: “acontecimento-esfinge cuja mensagem só pode ser realmente decifrada quando ela se realizou”.

Figura 3: Diagrama das Categorias de Análise



Fonte: Elaborado por Martins (2024).

Assim, a abordagem metodológica adotada assume a interpretação como elemento central do processo de conhecimento, compreendendo a realidade como construção mediada por sistemas teóricos e históricos. As categorias de análise sintetizadas sustentam uma abordagem integrada e científica, orientada pela complexidade e adequada à compreensão das dinâmicas espaço-temporais da área investigada.

Método Procedimental: Estudo de Caso

O estudo de caso compreende uma das estratégias possíveis de investigação no campo das ciências sociais, destacando-se por sua adequação à análise de fenômenos complexos e contextualizados (Yin, 2005, p. 19). A escolha desse método justifica-se por sua capacidade de responder a questões que enfatizam o “como” e o “porquê” dos fenômenos investigados, permitindo o uso articulado de múltiplas fontes de evidência (Yin, 2005).

Segundo Yin (2005, p. 32–33), o estudo de caso caracteriza-se como uma investigação empírica que examina fenômenos contemporâneos inseridos em seu contexto de vida real, sobretudo quando os limites entre o fenômeno e o contexto não se encontram claramente definidos.

Nessa perspectiva, segundo Robert Yin, o pesquisador lida com um número elevado de variáveis de interesse em relação aos pontos de dados disponíveis, o que exige a integração de diferentes evidências e o suporte de proposições teóricas previamente estabelecidas para orientar a coleta e a análise dos dados.

Tal procedimento apresenta compatibilidade com a abordagem da complexidade proposta por Edgar Morin, ao permitir a integração de diferentes técnicas e fontes de evidência em um mesmo desenho metodológico (Yin, 2005, p. 34).

O estudo de caso admite, ainda a utilização integrada de diferentes tipos de pesquisa, como a exploratória, a descritiva, a explicativa, a ilustrativa e a avaliativa, ampliando o potencial analítico e interpretativo do procedimento metodológico (Yin, 2005, p. 33). Essa característica favorece uma abordagem abrangente e contextualizada do objeto de estudo, em consonância com a complexidade inerente aos fenômenos analisados.

A condução do estudo baseia-se na elaboração de um protocolo de pesquisa, elemento essencial para a organização dos dados e para a confiabilidade do estudo. De acordo com Yin (2005), o protocolo orienta o registro detalhado das etapas da investigação, permitindo a replicabilidade dos procedimentos e a transparência científica, além de subsidiar a definição dos instrumentos e das regras operacionais a serem seguidas ao longo da pesquisa (Figura 4).

Figura 4: Estratégia e os meios metodológicos do estudo na SBH do rio Preto da Eva-AM



Fonte: Elaborado por Martins (2024).

A combinação entre a abordagem da complexidade e o Estudo de Caso configura uma estratégia metodológica em rede, na qual os pressupostos epistemológicos orientam a

definição dos procedimentos, a organização do protocolo de pesquisa e a interpretação dos dados. Essa articulação assegura coerência entre teoria e método, conferindo robustez analítica e profundidade interpretativa à investigação.

As fontes de evidência utilizadas em estudos de caso incluem documentos, registros em arquivo, entrevistas, observações diretas, observações participantes e artefatos físicos, cuja articulação contribui para a triangulação dos dados e o fortalecimento da análise científica (Yin, 2005). Na presente pesquisa, tais fontes são organizadas de modo sistemático, assegurando coerência metodológica e consistência empírica (**Figura 4**).

Dessa forma, entre as diversas estratégias metodológicas disponíveis, como levantamentos, análises de dados e investigações espaciais e temporais, o estudo de caso foi selecionado por incorporar de maneira articulada a lógica do planejamento das abordagens específicas de coleta, tratamento e análise dos dados, orientando a escolha e a aplicação das técnicas de pesquisa.

Etapas da Pesquisa e as Técnicas Metodológicas

- **Primeira Etapa - Fundamentação e Projeto**

A primeira etapa da pesquisa correspondeu à fase preliminar de fundamentação teórica e estruturação do projeto, constituindo a base conceitual, metodológica e empírica que orientou o desenvolvimento do estudo. Essa etapa teve como objetivo delimitar o problema de pesquisa, definir os objetivos e estabelecer os procedimentos metodológicos, assegurando coerência entre o referencial teórico adotado e a abordagem empírica aplicada ao longo da investigação.

Inicialmente, foi realizado o levantamento bibliográfico sistemático, com a finalidade de subsidiar a elaboração do projeto de pesquisa e orientar a definição das categorias analíticas centrais. Essa atividade fundamentou-se na consulta à bibliografia clássica e contemporânea da Geografia, além dos conteúdos das disciplinas cursadas no programa de pós-graduação e das experiências acumuladas durante o estágio de docência, contribuindo para a consolidação do arcabouço teórico-metodológico do estudo.

O aprofundamento bibliográfico concentrou-se na documentação direta, por meio da análise de relatórios técnicos, diagnósticos ambientais e teses de doutorado relacionadas à área de investigação, permitindo a identificação de abordagens teóricas, metodológicas e empíricas relevantes ao objeto de estudo. Esse procedimento possibilitou a construção de uma base analítica consistente para a interpretação espacial da paisagem da sub-bacia hidrográfica,

conforme orientações metodológicas consolidadas na pesquisa científica (Lakatos; Marconi, 2010).

Na sequência, procedeu-se à revisão bibliográfica fundamentada na documentação indireta, contemplando obras clássicas, artigos científicos e produções acadêmicas que subsidiaram a construção da matriz conceitual do método integrado e a sustentação teórica das análises desenvolvidas ao longo da pesquisa. Essa etapa permitiu o aprofundamento crítico dos conceitos e categorias analíticas mobilizadas, bem como a articulação entre diferentes correntes teóricas da Geografia e áreas afins (Gil, 2010; Lakatos; Marconi, 2010).

Paralelamente, foi estruturada a metodologia da pesquisa, com a descrição detalhada dos procedimentos adotados na coleta, sistematização e análise dos dados, assegurando clareza metodológica, coerência interna e possibilidade de replicação do estudo, conforme recomendações amplamente aceitas na pesquisa científica (Yin, 2005). Essa definição metodológica constituiu elemento central para a organização lógica e operacional da investigação.

Dessa forma, foi elaborado o cronograma de execução das atividades, com o objetivo de organizar temporalmente as diferentes etapas da pesquisa e permitir o controle sistemático do desenvolvimento do estudo. O cronograma funcionou como instrumento de planejamento e monitoramento, garantindo o cumprimento das fases previstas e a integração entre fundamentação teórica, trabalho de campo, análises espaciais e sistematização final dos resultados (Lakatos; Marconi, 2010).

- **Segunda Etapa – Campo e Trabalho de Gabinete: Bibliografia e Cartografia**

A segunda etapa da pesquisa compreendeu as atividades de campo associadas ao trabalho de gabinete, com ênfase na bibliografia temática e na cartografia de apoio, tendo como finalidade subsidiar a compreensão empírica e espacial da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. Inicialmente, foram realizadas visitas técnicas preliminares à Unidade Espaço-Temporal de Cenarização (UEC), abrangendo o trecho desde as áreas de nascente até a foz, com o objetivo de obter uma visão geral da área de estudo e de suas principais unidades de paisagem.

As atividades de campo preliminares possibilitaram a identificação inicial dos geossítios, a caracterização preliminar das unidades de paisagem, o registro fotográfico, a coleta de pontos georreferenciados por meio de receptor GPS e a descrição sistemática das observações em diário de campo. Esses procedimentos permitiram o reconhecimento das principais feições físicas e antrópicas da sub-bacia, fornecendo subsídios empíricos para o

planejamento das etapas subsequentes da pesquisa.

Durante essa fase, foi aplicado o pré-teste da ficha de campo, utilizando-se a técnica de observação direta, com a finalidade de avaliar a consistência, a operacionalidade e a clareza dos instrumentos de coleta de dados. O pré-teste possibilitou a identificação de ajustes necessários nos formulários e procedimentos metodológicos, contribuindo para o aumento da confiabilidade dos dados e para a redução de falhas operacionais, conforme indicado pela literatura metodológica (Gil, 2010; Lakatos, 2003).

A pesquisa de campo sistemática foi conduzida com base em técnicas de observação direta e no uso contínuo do diário de campo, instrumento fundamental para o registro detalhado das observações realizadas, bem como para a anotação de informações complementares relevantes ao objeto de estudo. O diário de campo permitiu maior liberdade analítica, favorecendo o registro de nuances e particularidades do contexto investigado, além de constituir um recurso essencial para a interpretação posterior dos dados empíricos (Camargo; Begossi, 2006).

O formulário de campo, preenchido pelo próprio pesquisador durante as observações, foi utilizado como instrumento complementar para o registro sistemático das informações empíricas, conforme procedimentos consolidados na pesquisa geográfica (Marconi; Lakatos, 2010). Esse instrumento foi integrado a abordagens participativas, valorizando o conhecimento local e considerando informantes reconhecidos pela comunidade como fontes qualificadas de informação, conforme discutido por Brondízio e Neves (1996).

O inventário geográfico consistiu em um levantamento sistemático da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, com o objetivo de diagnosticar as classes de uso e ocupação da terra e do solo, bem como os processos físicos e antrópicos que condicionam a fisionomia da paisagem.

A coleta e a tabulação dos dados foram realizadas por meio do Protocolo de Inventariamento Geográfico (PIGEOG), técnica que integra dados qualitativos e quantitativos voltados à análise ambiental em pesquisas geográficas, estruturada a partir de matrizes de parâmetros gerais e específicos, tábuas de pontuação e da carta de protocolo, permitindo a síntese gráfica e interpretativa da condição do sistema ambiental analisado (Felix; Pacheco; Brandão, 2014; Seixas, 2018; Pacheco; Seixas; Brandão, 2019).

O protocolo é estruturado a partir da Matriz de Parâmetros Gerais (Quadro 1), da Matriz de Parâmetros Específicos, da Tábua de Pesos e/ou Pontuações (Quadro 2) e da Carta de Protocolo de Inventariamento Geográfico.

Quadro 1: Parâmetros Gerais do PIGEOG

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	
Curso Fluvial: () Superior () Médio () Inferior	
Data da Coleta: / /	Horário:
Modo da coleta (coletor): () Observação direta () Entrevista	
Pesquisador (A)	
MATRIZ DOS PARÂMETROS GERAIS DO PIGEOG	
Parâmetros da Fisiografia Fluvial da Sub-bacia do rio Preto da Eva	Parâmetro de uso e ocupação do solo e cobertura da terra

Fonte: Oliveira e Delgado (2022) e adaptado por Martins (2024)

Quadro 2: Parâmetros Específicos do PIGEOG - Aspectos Florestal

Parâmetro Específico Avaliado – Florestal	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior
Continuidade e integridade da cobertura	92	58	64
Grau de fragmentação	90	52	60
Função ecológica e conectividade	94	55	66
MÉDIA DA CLASSE	92	55	63

Fonte: Oliveira e Delgado (2022) e adaptado por Martins (2024).

Quadro 3: Legenda de pontuação, classificação e descrição do PIGEOG

Legenda	Pontuação	Classificação	Descrição
81 a 100 pontos	Excelente	Sistema ecologicamente funcional	Elevada capacidade de autorregulação e manutenção dos processos ecológicos.
61 a 80 pontos	Pouca degradação	Sistema parcialmente funcional	Boa resiliência ecológica com sinais de pressão antrópica.
41 a 60 pontos	Degradação em recuperação	Sistema funcional comprometido	Desequilíbrios presentes, mas com possibilidades de recuperação.
21 a 40 pontos	Degradação preocupante	Sistema funcionalmente degradado	Baixa capacidade ecológica, requer ações de restauração.
00 a 20 pontos	Extrema degradação	Sistema colapsado	Perda crítica das funções ecológicas, situação de degradação severa.

Fonte: Oliveira e Delgado (2022) e adaptado por Martins (2024).

No presente estudo, os parâmetros foram definidos conforme a problemática e os objetivos da pesquisa, contemplando aspectos da hidrografia, do clima, do relevo, dos solos, da geologia, da vegetação, da fauna e do uso da terra. A aplicação do PIGEOG permitiu subsidiar o diagnóstico e o prognóstico ambiental, incorporando a análise integrada da

paisagem e a percepção dos atores sociais, constituindo instrumento de apoio à interpretação espacial e ao planejamento territorial (Pachêco, 2013; Oliveira, 2022; Delgado, 2022).

- **Terceira Etapa – Gabinete: Análise e Estruturação dos Dados**

A terceira etapa da pesquisa correspondeu ao trabalho de gabinete articulado às atividades de campo, direcionado à organização, análise e interpretação integrada dos dados empíricos e espaciais, considerando o recorte temporal de 1985 a 2023. A pesquisa de campo baseou-se na observação sistemática e no registro in loco, procedimentos fundamentais para a compreensão contextualizada dos processos socioambientais e da dinâmica da paisagem em bacias hidrográficas amazônicas (Gil, 2010).

Os dados obtidos em campo foram tabulados e sistematizados, possibilitando a identificação de padrões, tendências e relações entre os componentes físicos e antrópicos da paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. A partir desse processo, foram elaboradas matrizes analíticas, concebidas como instrumentos bidimensionais de leitura relacional, capazes de associar ações antrópicas e fatores ambientais, conforme abordagem metodológica consolidada nos estudos de avaliação ambiental (Finucci, 2010).

As matrizes analíticas foram estruturadas com base nos princípios de ordem, desordem, organização e interação, conforme o referencial do pensamento complexo, permitindo interpretar a paisagem como um sistema dinâmico, relacional e não linear, no qual os processos naturais e antrópicos se articulam de forma recursiva (Morin, 2011). Essa abordagem conferiu maior robustez à interpretação dos geocenários da paisagem da geodiversidade.

O mapeamento do uso e ocupação do solo foi realizado a partir dos dados do Projeto MapBiomass – Coleções 7, 8 e 9, que disponibiliza mapas anuais de cobertura e uso da terra para o Brasil entre 1985 e 2023, com resolução espacial de 30 m (Mapbiomas, 2022, 2023). De forma complementar, foram utilizados os dados do Projeto TerraClass, amplamente empregados na Amazônia Legal para qualificar os usos antrópicos em áreas previamente desflorestadas, permitindo uma leitura mais refinada das transformações da paisagem (Vasconcelos; Lima; Paranhos Filho, 2024).

A detecção das mudanças de uso e ocupação do solo foi conduzida por meio de análise multitemporal, considerando os anos-base de 1985, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023, utilizando a ferramenta Calculadora Raster em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do software ArcGIS. Esse procedimento permitiu quantificar áreas de permanência, conversão e expansão das classes analisadas, contribuindo para a

compreensão da dinâmica espaço-temporal da paisagem ao longo de quase quatro décadas.

As atividades de gabinete incluíram ainda o planejamento cartográfico, com base nos dados do IBGE para delimitação hidrográfica e padronização cartográfica, o uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) derivados do SRTM, imagens Landsat, organização dos dados em formato shapefile (SHP) e elaboração dos layouts temáticos finais, todos georreferenciados ao SIRGAS 2000. A plataforma Google Earth Pro foi utilizada como suporte à validação visual, assegurando a qualidade técnico-científica dos produtos cartográficos empregados na análise integrada da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

- **Quarta Etapa – Sistematização e Finalização**

A quarta etapa da pesquisa correspondeu à sistematização e finalização dos resultados, envolvendo a compilação dos dados empíricos e espaciais, a revisão bibliográfica final e a estruturação definitiva da tese. Essa etapa teve como objetivo consolidar o percurso metodológico e analítico do estudo, assegurando coerência interna, consistência teórica e alinhamento entre objetivos, métodos e resultados, conforme preconizado na pesquisa científica em Geografia (Lakatos; Marconi, 2010).

A revisão bibliográfica final desempenhou papel central no fortalecimento do arcabouço teórico da pesquisa, possibilitando o aprofundamento crítico das interpretações e o refinamento conceitual das categorias analíticas mobilizadas. Esse procedimento permitiu confrontar os resultados empíricos com a literatura consolidada, ampliando a robustez científica das análises e assegurando maior densidade interpretativa ao estudo (Lakatos; Marconi, 2010).

A tabulação e sistematização dos dados possibilitaram a organização das informações em tabelas, planilhas e matrizes da complexidade, favorecendo a visualização estruturada das variáveis analisadas. Esse processo foi fundamental para a construção das matrizes de classificação e das redes de relações e interações associadas aos geocenários da paisagem da geodiversidade ao longo do espaço-tempo, evidenciando relações explicativas entre os fenômenos estudados e seus fatores condicionantes (Marconi; Lakatos, 2010).

A construção dos cenários da complexidade foi realizada a partir da elaboração de mapas temáticos, gráficos e diagramas, derivados das matrizes analíticas. Esses produtos fundamentaram-se na concepção de redes como estruturas articuladoras de unidades interconectadas, capazes de expressar trocas, fluxos e interações dinâmicas entre os elementos da paisagem, permitindo a compreensão sistêmica das transformações observadas (Mance, 1999).

A abordagem em redes possibilitou evidenciar a interdependência entre os componentes naturais e antrópicos da paisagem, destacando processos de retroalimentação, conectividade e reorganização espacial. Essa perspectiva reforçou a interpretação da paisagem como um sistema complexo, dinâmico e multiescalar, no qual os geocenários expressam estados resultantes das interações contínuas entre estrutura, processo e função.

Por fim, a formatação e apresentação da tese seguiram rigorosamente as normas institucionais da UFAM, as normas da ABNT e as orientações da orientadora, assegurando clareza textual, coesão visual e padronização gráfica. Esse cuidado metodológico garantiu a adequada comunicação dos resultados e das contribuições científicas do estudo, consolidando o trabalho como um produto acadêmico coerente, consistente e alinhado aos padrões exigidos no âmbito da pós-graduação *stricto sensu*.

CAPÍTULO I – APORTES TEÓRICOS DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE DA GEOGRAFIA E SUA RELAÇÃO COM A COMPLEXIDADE DE EDGAR MORIN NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Neste capítulo, será discutida a base teórica das categorias de análise da Geografia, estabelecendo uma conexão direta com a complexidade proposta por Edgar Morin, especialmente no que se refere ao uso e ocupação do solo.

A compreensão geográfica, tradicionalmente, busca analisar as interações entre fatores naturais e sociais que modelam a paisagem. Nesse sentido, é fundamental revisitar as contribuições da escola geográfica francesa da paisagem para consolidar uma visão estruturada e integrada desses processos.

De acordo com Gonçalves, Barbosa e Passos (2023, p. 217), a categoria de paisagem tem como um de seus principais berços a França dos anos 1920, fortemente influenciada pela geografia tradicional.

Durante esse período, o possibilismo francês, representado por Paul Vidal de La Blache, destacou-se ao propor uma abordagem centrada na descrição da região como conceito-chave. Além disso, a fotografia e a cartografia foram essenciais como instrumentos de análise, permitindo uma melhor compreensão das interações entre os elementos físicos e humanos na configuração da paisagem.

Nesse contexto, a análise conceitual englobará categorias como geocênario, paisagem, geodiversidade e sub-bacias hidrográficas, que possibilitam a observação das dinâmicas espaciais em suas múltiplas dimensões.

A geodiversidade das sub-bacias hidrográficas, como apontado por Christofletti (1980, p. 102), é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, organizados em hierarquias. Esses canais desempenham um papel crucial na drenagem da água e na definição dos fluxos de materiais, refletindo diretamente na organização do espaço geográfico e nos processos de uso e ocupação do solo.

Além disso, a interdisciplinaridade, característica essencial da Geografia, alinha-se profundamente ao pensamento complexo de Edgar Morin. Esse conceito desafia a fragmentação do conhecimento, propondo uma abordagem que considera as interações e interdependências entre os diversos componentes dos sistemas geográficos.

Como enfatiza Morin (2011, p. 07), “o pensamento complexo é animado por uma tensão permanente entre a aspiração a um saber não fragmentado, não compartimentado, não

reductor, e o reconhecimento da incompletude de qualquer conhecimento”. Esse enfoque é crucial para a análise do uso e ocupação do solo, visto que os fatores ambientais, sociais e econômicos devem ser compreendidos de maneira integrada e interconectada.

Ademais, a categoria de uso e ocupação do solo será discutida sob essa perspectiva sistêmica, examinando como as práticas humanas afetam e são afetadas pelos elementos físicos e biológicos do ambiente. Nesse sentido, a análise incluirá a geodiversidade das sub-bacias hidrográficas, considerando as interações entre os aspectos físicos, biológicos, sociais e econômicos que configuram o espaço geográfico.

Portanto, as redes da complexidade são importantes, pois interligam esses fatores e fornecem uma estrutura para a compreensão do uso e transformação do solo sob uma perspectiva ampla e integradora. Dessa forma, respeitam-se as interações entre os sistemas naturais e as atividades humanas, permitindo uma visão mais completa e profunda da organização espacial.

1.1 Geografia e a complexidade de Edgar Morin

A proposta geográfica de Vidal de La Blache enfatiza a paisagem como um dos principais focos de estudo geográfico. Ele sugere que a geografia não se limita a ser uma ciência exclusivamente humana, como a Sociologia e a História, mas parte do estudo da Terra para compreender o ser humano (Vidal de La Blache, 1978, p. 240).

Para Vidal, a geografia se diferencia por ser uma ciência voltada para os lugares, em vez de apenas para as pessoas, concentrando-se na relação entre o meio ambiente e as atividades humanas, ainda que utilize conceitos das Ciências Naturais para classificar os fenômenos (Vidal de La Blache, 1904, p. 313).

A interdisciplinaridade desempenha um papel crucial na geografia, pois permite uma abordagem mais ampla e profunda da complexidade dos fenômenos espaciais. Como destaca Morin (2011, p. 37), a complexidade exige uma metodologia que reconheça as interações e interdependências entre os elementos do sistema geográfico.

A geografia da complexidade, ao incorporar o pensamento complexo de Edgar Morin, busca transcender as abordagens reducionistas e fragmentadas que tradicionalmente separavam o conhecimento em compartimentos estanques. Morin destaca que “o pensamento complexo também é animado por uma tensão permanente entre a aspiração a um saber não fragmentado, não compartimentado, não reductor, e o reconhecimento do inacabado e da incompletude de qualquer conhecimento” (Morin, 2011, p. 07).

Na geografia, isso significa adotar uma visão holística e interdisciplinar que reconhece a interconexão entre fatores naturais, sociais, econômicos e culturais, ao mesmo tempo em que aceita os limites de nossa capacidade de compreensão total do espaço geográfico.

Unindo as teorias que antecederam o conceito de complexidade, Morin (2011) procura delinear uma definição mais abrangente e integrada:

O que é a complexidade? À primeira vista é um fenômeno quantitativo, a extrema quantidade de interações e de interferências entre um número muito grande de unidades. Mas a complexidade não compreende apenas quantidades de unidade e interações que desafiam nossas possibilidades de cálculo: ela compreende também incertezas, indeterminações, fenômenos aleatórios. A complexidade num certo sentido sempre tem relação com o acaso (Morin, 2011, p. 35).

Ele baseia-se em diversas abordagens anteriores, combinando elementos das ciências naturais e humanas para criar uma visão que reconhece a interdependência e a interconexão dos fenômenos.

Para Rodriguez e Silva (2013, p. 21), a visão geográfica do desenvolvimento da ciência e da tecnologia moderna apresenta limites, devido ao fato de o mundo ser complexo; por isso, o sistema formal não pode compreendê-lo em sua totalidade, apresentando limitações nos detalhamentos e nas explicações, “aqui é onde surge a origem do conceito de complexidade”.

Essa abordagem é especialmente relevante quando se considera que, na geografia, os fenômenos espaciais são influenciados por uma série de interações e processos dinâmicos. Morin sugere que nossa percepção do mundo é moldada por “princípios ocultos que governam nossa visão das coisas e do mundo sem que tenhamos consciência disso” (Morin, 2011, p. 10).

Nesse sentido, a complexidade é entendida como um fenômeno que ultrapassa a simples análise fragmentada, exigindo uma abordagem holística e interdisciplinar que considera as múltiplas relações entre os componentes de um sistema.

Segundo Morin (2011, p. 37), a complexidade “exige uma abordagem que reconheça as interações e interdependências”, o que implica a necessidade de transcender os limites disciplinares tradicionais para alcançar uma compreensão mais profunda e abrangente do mundo.

Essa abordagem é particularmente importante na geografia, que analisa as interconexões entre fatores ambientais, sociais e econômicos. Segundo Moraes (2006, p. 45), a geografia se sobressai por sua natureza integradora, ao combinar conhecimentos de

diferentes disciplinas, como a sociologia, a biologia e a economia, o que amplia sua capacidade de análise.

Morin também critica a fragmentação do conhecimento, argumentando que essa divisão pode ocultar as interações complexas que existem nos fenômenos geográficos. Ele afirma que o “pensamento complexo busca um conhecimento não fragmentado e completo, reconhecendo, ao mesmo tempo, a natureza inacabada e incompleta de todo saber” (Morin, 2011, p. 07).

Ao adotar o pensamento complexo, a geografia enriquece suas análises e proporciona uma visão mais ampla e detalhada das dinâmicas espaciais. De acordo com Moraes (2006, p. 32), “a geografia é uma ciência integradora e sintetizadora por essência. Incorporando contribuições de outras áreas, como a sociologia, biologia e economia”.

A geografia consegue captar as múltiplas dimensões dos fenômenos espaciais. Moreira (2006, p. 48) apoia essa visão ao afirmar que a interdisciplinaridade enriquece as análises geográficas, permitindo uma leitura mais precisa e detalhada das dinâmicas espaciais.

Além disso, Morin (2011, p. 35) observa que a complexidade envolve tanto a interação entre diversas unidades quanto as incertezas resultantes dessas interações. Ele destaca que a complexidade não é apenas a soma das interações, mas também inclui incertezas e fenômenos aleatórios.

Na geografia, isso se reflete nos sistemas ambientais e sociais que, frequentemente, desafiam previsões lineares e simples, revelando uma dinâmica de auto-organização difícil de antecipar.

Santos (2002, p. 34) enfatiza que a abordagem interdisciplinar na geografia é fundamental para integrar diversas perspectivas e métodos, o que enriquece significativamente a análise dos fenômenos espaciais. Ao incorporar contribuições de outras disciplinas, como a ecologia, a economia e a sociologia, a geografia amplia sua capacidade de lidar com a complexidade dos sistemas espaciais.

Essa interação interdisciplinar permite uma compreensão mais profunda das dinâmicas territoriais, proporcionando soluções mais abrangentes e eficazes para os desafios contemporâneos, especialmente no que se refere ao planejamento urbano, uso do solo e gestão ambiental.

A abordagem interdisciplinar é não apenas desejável, mas necessária para a geografia contemporânea. A integração de conhecimentos de diferentes áreas permite a construção de um saber mais robusto e aplicável à realidade. A abordagem complexa de Morin complementa essa visão, propondo uma ciência que se organiza

a partir da compreensão das relações e das interdependências entre os elementos do sistema (Silva e Galeno, 2004, p. 12).

A interdisciplinaridade, portanto, não é apenas uma abordagem desejável, mas uma necessidade para a geografia contemporânea. Silva e Galeno (2004) destacam que a integração de conhecimentos de diferentes áreas permite a construção de um saber mais robusto e aplicável à realidade.

A abordagem complexa complementa essa visão, propondo uma ciência que se organiza a partir da compreensão das partes, de suas relações e das interdependências entre os elementos do sistema, “assim, o problema pode ser focalizado em seu menor nível na hierarquia de complexidade, decompondo e analisando os componentes do conjunto” (Rodrigues e Silva, 2013, p. 21).

Essa perspectiva interdisciplinar reflete-se, na prática, em uma geografia da complexidade de diversas maneiras. A análise de bacias hidrográficas, por exemplo, exige a integração de conhecimentos para se compreender plenamente as dinâmicas das atividades humanas sobre os recursos hídricos, “essa abordagem afirma que o conhecimento das partes individuais do sistema leva ao conhecimento do sistema como um todo” (Rodrigues e Silva, 2013, p. 22).

A teoria da complexidade oferece ferramentas conceituais valiosas para a geografia. Ao enfatizar as interdependências entre os elementos do sistema de mundo e a organização, Morin (2014, p. 30), ao tratar do princípio da complexidade, afirma: “ele se esforça por abrir e desenvolver amplamente o diálogo entre ordem, desordem e organização, para conceder, na sua especificidade, em cada um dos seus níveis, os fenômenos físicos, biológicos e humanos”.

Além disso, a interdisciplinaridade promove a inovação na pesquisa geográfica, pois, ao integrarem diferentes perspectivas e métodos, os geógrafos são capazes de desenvolver novas abordagens. Na escola francesa foram enfatizados os panoramas culturais, tradições e formas de vida, Matthews e Herbert (2021, p. 28), “todas essas novas formas de pensamento sobre as pessoas, os ambientes e os significados das paisagens foram desenvolvidas durante o século XIX e o início do século XX”.

A colaboração entre diferentes disciplinas enriquece o debate científico e abre novas possibilidades para a investigação e a aplicação do conhecimento geográfico. Segundo Matthews e Herbert (2021, p. 73), “os vínculos interdisciplinares permitem aos geógrafos físicos trabalhar, por exemplo, com geólogos, biólogos ou arqueólogos; e, embora não seja interdisciplinar, a colaboração com os geógrafos humanos deve ser incluída aqui”.

A Geografia Contemporânea, fundamentada na teoria da complexidade e no pensamento interdisciplinar, redefine sua abordagem ao espaço geográfico, promovendo uma visão mais holística e integrada. A partir da perspectiva de Morin (2011), que enfatiza a interdependência e as incertezas inerentes aos sistemas, a geografia ultrapassa os limites das análises fragmentadas e compartimentadas.

Ao integrar contribuições de disciplinas diversas, como a sociologia, a biologia, a economia e a ecologia, a ciência geográfica enriquece sua capacidade de compreender as dinâmicas territoriais e propor soluções mais abrangentes e aplicáveis às questões contemporâneas.

Essa abordagem é essencial para lidar com fenômenos complexos, como o planejamento urbano, a gestão ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais.

Assim, a interdisciplinaridade se consolida como um pilar da geografia da complexidade, permitindo que os geógrafos desenvolvam metodologias inovadoras que dialoguem com a multiplicidade de fatores que moldam o espaço.

A visão proposta por Vidal de la Blache, que valoriza a relação entre o meio ambiente e as atividades humanas, alia-se ao pensamento complexo de Morin para construir uma geografia que reconhece tanto as interações quanto as limitações do conhecimento.

Dessa forma, a geografia contemporânea reafirma seu papel como uma ciência integradora, comprometida em oferecer respostas que considerem a totalidade e a complexidade dos desafios espaciais do mundo atual.

Princípios da complexidade aplicados aos estudos geográficos

O pensamento complexo, conforme abordado por Edgar Morin no livro *Introdução ao Pensamento Complexo* (2011), propõe uma nova forma de análise, essencial para lidar com a complexidade dos fenômenos no mundo contemporâneo.

No campo da Geografia, a aplicação dos princípios da complexidade:

A complexidade da relação ordem/desordem/organização surge, pois, quando se constata empiricamente que fenômenos desordenados são necessários em certas condições, em certos casos, para a produção de fenômenos organizados, os quais contribuem para o crescimento da ordem (Morin, 2011, p. 63).

Essa perspectiva permite um olhar mais aprofundado sobre os sistemas geográficos, que são, por natureza, dinâmicos e integrados, considerando os papéis da Geografia Física abordados por Matthews e Herbert (2021):

[...] a geografia física tendo três principais papéis: Primeiro, ela contribui com sua perspectiva espacial característica para obter conhecimento e compreensão de cada uma das partes componentes da paisagem. Segundo ela explora as interconexões entre esses componentes, definindo uma abordagem mais holística à paisagem que qualquer outra ciência. Terceiro, ela tem a interface entre o ambiente natural e as pessoas como uma preocupação central, o que consolida seu papel como parte da geografia como um todo (Matthews e Herbert, 2021, p. 77-78).

Com isso, “ela tem um potencial de trazer juntas várias especialidades e de fornecer uma base para desenvolver outros vínculos com a ciência interdisciplinar e com a geografia humana” (Matthews e Herbert, 2021, p. 78).

Esses aspectos direcionam para uma Geografia integradora, que busca superar as limitações de uma análise fragmentada e compartimentalizada do espaço, promovendo uma visão holística e interconectada dos fenômenos geográficos.

Com isso, a geografia integrada e os princípios da complexidade compartilham uma visão comum de que os fenômenos geográficos não podem ser compreendidos de maneira isolada ou linear, mas sim como sistemas complexos dinâmicos e interconectados, conforme Matthews e Herbert (2021):

A abordagem da compreensão da interação humana-ambiente ao longo do tempo fornece uma ilustração particularmente pertinente da geografia integrada. Ela pressupõe que as mudanças tanto biofísicas quanto culturais são conhecidas ou podem ser reconstruídas sobre a mesma escala temporal (Matthews e Herbert, 2021, p. 131).

O estudo integrado de tais sistemas pode revelar padrões, processos e fenômenos não evidentes quando analisados separadamente nas investigações científicas, direcionando-se, neste estudo, para uma abordagem interdisciplinar baseada nos princípios do pensamento complexo, segundo os quais “a complexidade coincide com uma parte incerteza, seja proveniente dos limites de nosso entendimento, seja inscrita nos fenômenos” (Morin, 2011, p. 35).

A incerteza é um elemento inerente aos sistemas complexos, especialmente em ambientes geográficos que estão em constante transformação. Na geografia, isso se traduz na imprevisibilidade dos impactos de fatores como mudanças climáticas e intervenções humanas no uso do solo.

Indiretamente, Morin argumenta que a incerteza deve ser integrada como um componente natural do pensamento científico, desafiando modelos deterministas tradicionais que muitas vezes ignoram a variabilidade e a imprevisibilidade dos sistemas (Morin, 2011).

Assim, a análise geográfica contemporânea não apenas reconhece a incerteza, mas a utiliza para explorar cenários alternativos e estratégias resilientes.

A recursividade refere-se à retroalimentação mútua entre os elementos de um sistema, formando ciclos de interação contínuos. De acordo com Morin (2011, p. 78), “a recursividade estabelece um circuito entre as causas e os efeitos, entre a produção e o produto”. Essa característica é visível em bacias hidrográficas, onde as atividades humanas, como urbanização e agricultura, impactam diretamente a dinâmica hídrica, que por sua vez afeta as condições sociais e econômicas das regiões.

A organização, enquanto princípio, implica que os sistemas geográficos possuem uma estrutura interna que emerge da interação entre seus elementos constitutivos. Conforme Morin (2011, p. 91), “a organização é o que dá forma, mantém e regula os sistemas, mesmo em meio à desordem”.

No contexto geográfico, isso é observado na formação de paisagens e territórios, onde padrões organizacionais emergem de processos naturais e sociais, como a ocupação do solo e a evolução dos ecossistemas.

O princípio hologramático sugere que o todo está presente em cada parte, e cada parte contém informações sobre o todo. Segundo Morin (2011, p. 92), “o todo está nas partes, e as partes estão no todo”. Esse conceito é particularmente relevante na análise geográfica, permitindo compreender como características locais refletem padrões globais.

Por exemplo, as paisagens locais podem revelar dinâmicas globais de mudanças climáticas ou de transformações econômicas.

Morin (2011) observa que o princípio hologramático reforça a necessidade de abordar os sistemas de maneira integrada, considerando as interdependências entre escalas espaciais e temporais.

Essa perspectiva é crucial para a geografia, ao analisar como mudanças locais podem ter impactos globais e vice-versa.

Portanto, os princípios da complexidade de Edgar Morin — incerteza, recursividade, organização e princípio hologramático — fornecem uma base teórica integrada e flexível para os estudos geográficos. Esses princípios, assim, possibilitam uma análise aprofundada dos fenômenos espaciais, facilitando a compreensão das complexas interações entre os componentes dos sistemas geográficos.

Pensamentos complexos de Morin na abordagem geográfica contemporânea

A ciência da complexidade, estruturada por Edgar Morin, oferece uma perspectiva inovadora e abrangente para a compreensão dos fenômenos geográficos contemporâneos. Para Rodrigues e Silva (2013, p. 29), Edgar Morin, cientista social francês, insere-se em uma base dialética e renova a tradição marxista ao incorporar elementos da Teoria de Sistemas e da Cibernética, propondo uma abordagem que considera a interconexão e a interdependência dos elementos dentro de um sistema.

Os mesmos autores descrevem que essa visão amplia as possibilidades de análise na geografia ao incluir as dinâmicas de interação entre ordem e desordem, baseadas no princípio dialógico da complexidade. Edgar Morin define a complexidade como uma ausência de estruturas formais rígidas, ressaltando que os sistemas são formados por totalidades autônomas e emergentes, resultantes de interações sistêmicas (Rodrigues; Silva, 2013, p. 29).

Essa perspectiva desafia tanto o reducionismo quanto o holismo, enfatizando que o todo está presente nas partes e vice-versa. Rodrigues e Silva (2013) destacam que, na geografia, tal concepção permite abordar fenômenos espaciais considerando tanto as individualidades locais quanto os fluxos globais que as influenciam, evitando visões fragmentadas ou excessivamente globalistas.

Além disso, a dialética, como ferramenta metodológica central no pensamento complexo, possibilita um diálogo crítico com outras abordagens científicas. Essa característica é particularmente útil no estudo das paisagens geográficas, ao integrar múltiplas dimensões — físicas, sociais e culturais — em uma análise interdisciplinar.

Segundo Rodrigues e Silva (2013), essa integração é fundamental para compreender como fenômenos aparentemente contraditórios, como desenvolvimento urbano e preservação ambiental, podem coexistir e ser analisados sob uma ótica complementar.

O pensamento complexo de Edgar Morin propõe uma nova abordagem epistemológica que reconhece o caos e a incerteza como elementos fundamentais na análise dos sistemas. Na geografia contemporânea, isso implica o reconhecimento da dinâmica não linear e multifacetada dos processos espaciais. Morin (2011, p. 73 e 75) apresenta três princípios-chave:

Princípio dialógico: relacionado a categorias antagônicas, como ordem e desordem. O pensamento dialógico sugere que qualquer par de conceitos pode ser contraditório e, ao mesmo tempo, complementar.

Princípio dos recursos organizacionais: refere-se à interdependência entre o produtor

e o produzido, destacando a relação entre os elementos dentro do sistema.

Princípio hologramático: inspirado pela ideia do holograma, que ultrapassa tanto o reducionismo, que foca nas partes isoladas, quanto o holismo, que vê o todo de forma integral. Nesse princípio, a parte não está no todo, mas o todo se reflete nas partes (Morin, 2011, p. 73 e 75).

Na atualidade, a Geografia se destaca por estudar fenômenos complexos que envolvem tanto dimensões naturais quanto sociais dentro de sistemas dinâmicos. Sob essa ótica, o pensamento complexo de Edgar Morin oferece importantes contribuições para a análise geográfica, ao propor uma epistemologia que vai além das abordagens fragmentadas e reducionistas, buscando entender a totalidade das interações espaciais e ambientais.

Os sistemas geográficos, conforme Christofolletti (2004), podem ser classificados como simples ou complexos. Sistemas simples consistem em “um conjunto de componentes relacionados conjuntamente e agindo um sobre os outros conforme determinadas leis” (Christofolletti, 2004, p. 92).

Os sistemas complexos, amplamente representativos da realidade geográfica, caracterizam-se por uma “diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação compondo uma entidade organizada” (Christofolletti, 1999, p. 3).

Essa abordagem dialoga diretamente com as ideias de Morin, que entende a complexidade como algo que vai além da simples soma das partes, exigindo uma articulação entre elementos distintos e, muitas vezes, contraditórios.

Contudo, compreender a complexidade é um desafio. Segundo Morin, “é o problema da dificuldade de pensar, porque o pensamento é um combate com e contra a lógica, com e contra as palavras, com e contra o conceito” (Morin, 2002, p. 14).

Para o autor, a complexidade carrega em si incertezas e ambiguidades, o que requer um pensamento que acolha contradições sem eliminá-las. Nesse sentido, Morin (2002, p. 58-59) argumenta que “conceitos que se opõem não devem ser expulsos um pelo outro quando se chega a eles, por meios racionais”.

No campo da Geografia, especialmente a partir da década de 1960, a complexidade tornou-se uma lente indispensável para compreender fenômenos contemporâneos. A abordagem integradora proposta por Christofolletti (1999, p. 4), que utiliza “unidades complexas, como um todo de natureza integrada, representando entidades interativas de lugares e regiões”, exemplifica como o pensamento complexo pode ser aplicado na análise das dinâmicas espaciais e sociais.

Por conseguinte, o pensamento complexo de Morin fornece à Geografia

contemporânea um caminho para enfrentar a crescente interconexão dos fenômenos globais. Ao superar os limites da análise fragmentada, a abordagem complexa permite compreender os sistemas geográficos como totalidades dinâmicas, onde o local e o global, o natural e o social, o simples e o complexo, coexistem e se inter-relacionam de forma indissociável.

1.2 Cenários e a fisionomia da paisagem

A análise de cenários na geografia é essencial para entender como os processos naturais e as ações humanas moldam a paisagem. Baseada na metodologia da escola francesa da prospectiva, proposta por Godet (2000), essa abordagem foca na exploração de futuros possíveis, a partir das dinâmicas territoriais. Para Godet, o objetivo principal dessa análise não é gerar relatórios ou análises, mas sim promover a transformação da mentalidade dos atores envolvidos no processo.

Com isso, Godet (2000) propõe uma metodologia de cenários que visa transformar a mentalidade dos envolvidos, não apenas para prever o futuro, mas para entender os determinismos históricos e as ações dos atores sociais que moldam a paisagem.

Nesse sentido, ele afirma que "uma prospectiva exploratória é um panorama dos futuros possíveis (futuríveis), isto é, dos cenários não improváveis, tendo em conta o peso dos determinismos do passado e da confrontação dos projetos dos atores" (Godet, 2000, p. 34). Portanto, a prospectiva não busca prever um futuro exato, mas apresentar possíveis cenários baseados nas ações e escolhas dos diferentes atores sociais.

Segundo Buarque (2003), a metodologia de cenários não visa eliminar incertezas ou variáveis que influenciam o futuro, mas sim apresentar possíveis ocorrências, tanto positivas quanto negativas, considerando as realidades cenarizadas, como a fisionomia da paisagem e os fatores que impactam a (re)produção do espaço geográfico.

De acordo com Godet (2000, p. 45), "o conceito de cenários está relacionado à projeção de futuros possíveis, com base nas interações entre os elementos de um sistema".

Na Geografia, essa abordagem é fundamental para entender a transformação da paisagem, que resulta tanto de processos naturais quanto de ações humanas. O conceito de geocenários da paisagem apresenta-se como uma construção teórico-metodológica voltada à compreensão integrada da paisagem enquanto expressão material das relações entre natureza e sociedade.

Segundo Ferreira, Martins e Brandão (2025), a paisagem não deve ser interpretada de forma fragmentada, tampouco reduzida à descrição de seus componentes físicos, mas

analisada como um sistema dinâmico e histórico, no qual os processos naturais e as intervenções humanas se inter-relacionam permanentemente.

Nessa perspectiva, os geocenários constituem uma categoria analítica que permite interpretar a paisagem em sua totalidade, articulando fatores ambientais, técnicos, sociais e econômicos em uma leitura espacial sistêmica.

Para os autores, os geocenários expressam a organização espacial dos elementos naturais, tais como relevo, solos, hidrografia e cobertura vegetal, em associação direta com os diferentes padrões de uso e ocupação do solo e da cobertura da terra, revelando a materialização das ações humanas sobre a base física do território (Ferreira; Martins; Brandão, 2025).

Essa abordagem rompe com modelos explicativos simplificados e valoriza a complexidade dos sistemas ambientais, reconhecendo que as formas da paisagem resultam da sobreposição de processos naturais e históricos, mediados por sistemas técnicos e decisões institucionais. A definição central do conceito é explicitada pelos autores ao afirmarem que:

O geocenário da paisagem consiste na organização espacial dos elementos naturais e antropogênicos, analisados de forma integrada, com vistas à compreensão das dinâmicas ambientais e das transformações territoriais decorrentes das formas de uso e ocupação do solo (Ferreira; Martins; Brandão, 2025, p. 304).

Tal conceituação evidencia o caráter integrador da proposta, uma vez que os geocenários não representam simples recortes espaciais, mas unidades analíticas que expressam relações de interdependência entre componentes físicos e ações humanas.

Assim, a paisagem é entendida como resultado de interações complexas, nas quais o uso da terra atua simultaneamente como causa e consequência das transformações ambientais observadas no espaço geográfico (Ferreira; Martins; Brandão, 2025).

No âmbito metodológico, Ferreira, Martins e Brandão (2025) ressaltam que a análise geocênográfica possibilita identificar padrões espaciais de degradação ambiental, zonas de conflito entre conservação e exploração dos recursos naturais e áreas potenciais para o desenvolvimento sustentável. Conforme os autores:

A abordagem por geocenários possibilita reconhecer padrões de degradação ambiental, identificar áreas críticas de pressão antrópica e compreender os efeitos diretos das atividades humanas sobre os sistemas naturais (Ferreira; Martins; Brandão, 2025, p. 309).

Nesse sentido, os geocenários não se restringem a um papel descritivo, mas assumem

uma função estratégica no planejamento territorial e ambiental. A interpretação sistemática da paisagem permite subsidiar políticas públicas mais eficazes, orientadas não apenas pela lógica produtiva, mas também pela necessidade de conservação dos sistemas naturais e pela manutenção dos serviços ecossistêmicos (Ferreira; Martins; Brandão, 2025).

Christofolletti (1999, p. 34) complementa essa ideia, destacando que “a análise dos cenários geográficos revela a relação entre os processos naturais e as atividades humanas, que juntas resultam em transformações visíveis na paisagem”. A integração dos fatores climáticos, geológicos e sociais oferece à geografia uma visão abrangente, permitindo compreender como esses elementos interagem para formar cenários futuros.

Dessa forma, a fisionomia da paisagem reflete diretamente as interações entre fatores naturais e atividades humanas, que geram transformações visíveis no território. A metodologia de cenários, ao integrar esses diferentes fatores, oferece uma compreensão mais ampla e complexa da dinâmica do espaço.

Corroborando essa perspectiva, Vitte (2007) argumenta que a paisagem é fruto do imaginário social, sendo transformada culturalmente pela ação humana. Essa abordagem é particularmente relevante para o estudo da paisagem, uma vez que múltiplos fatores atuam simultaneamente para moldar sua fisionomia e dinâmica.

Nesse contexto, Vitte (2010, p. 608) destaca a visão de Alexander von Humboldt sobre a natureza-paisagem como um “Todo”. Para Humboldt, a paisagem é uma unidade viva e organizada, formada pelas conexões entre os elementos da natureza. Por meio da observação empírica e da contemplação teórica, a paisagem deixa de ser apenas um espetáculo estético, tornando-se um objeto de conhecimento científico. Essa visão integradora é essencial para compreender a paisagem como um sistema dinâmico.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004, p. 15) também destacam a “paisagem como uma formação antro-po-natural, composta por elementos naturais e antropogênicos que se modificam mutuamente”. Nesse sentido, a fisionomia da paisagem é moldada pela interação contínua entre processos naturais e atividades humanas, criando uma dinâmica territorial complexa que reflete as mudanças sociais e ambientais ao longo do tempo.

Bertrand (2004) argumenta, portanto, que a paisagem deve ser entendida como uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos em uma porção do espaço geográfico. Essa interação cria novos mecanismos dinâmicos que refletem a complexidade das relações entre o homem e a natureza. Assim, a paisagem não é apenas uma representação visual, mas um indicador das transformações sociais e ambientais em curso.

Logo, Morin (2011) oferece uma perspectiva sobre a fisionomia da paisagem sob o prisma da complexidade. Ele afirma que "uma sociedade é produzida pelas interações entre indivíduos, e essas interações produzem um todo organizador que retroage sobre os indivíduos para co-produzi-los enquanto humanos".

Nesse sentido, a paisagem, vista como um reflexo dessas interações, torna-se um campo de estudo fundamental para entender as dinâmicas do espaço e as relações entre natureza e sociedade.

Transformações da paisagem ao longo do tempo

As paisagens estão em constante transformação devido à interação de fatores socioeconômicos e ambientais, como urbanização, agricultura e mudanças climáticas. Compreender essas dinâmicas é fundamental para promover uma gestão sustentável do território, garantindo a preservação e o uso responsável dos recursos naturais.

A visão da paisagem como uma unidade integrada, composta pela interação dos elementos naturais, foi proposta por Humboldt. Ele argumentou que a “paisagem deveria ser entendida como um sistema organizado, cuja observação empírica e teórica transformava a percepção estética em conhecimento científico” (Vitte, 2010, p. 608). Esse conceito impactou profundamente a Geografia, enfatizando a análise dos componentes naturais como rochas, relevo, clima, solo e vegetação, dentro de um espaço físico concreto.

Humboldt, juntamente com Ritter, foi pioneiro na sistematização do conceito de paisagem, destacando a importância da observação comparativa e da análise regional. Ritter, com sua formação filosófica e histórica, propôs métodos para classificar zonas e fenômenos naturais, integrando os elementos da paisagem de forma mais holística. Essa abordagem contrastava com a visão mecanicista, que isolava os componentes naturais.

O conceito de paisagem, desenvolvido no século XIX por Humboldt e seus seguidores, enfoca a interação dos componentes naturais como um todo, contrastando com o determinismo físico de algumas correntes da escola alemã. Paul Vidal de La Blache, da escola francesa, introduziu o "possibilismo geográfico", ressaltando a capacidade humana de adaptar-se e explorar os recursos naturais. Ele também desenvolveu o conceito de “gênero de vida”, que descreve as técnicas e os costumes sociais que moldam a paisagem (Vitte, 2010).

Brunhes, influenciado por La Blache, enfatizou como as sociedades modificam a paisagem conforme suas necessidades e limitações, observando que "nada do que é humano é tão importante, fixo e pertencente como o conjunto e a fisionomia das ruas e estradas, bem

como das habitações das aldeias e cidades" (Brunhes, 1962, p. 449). Para ele, a paisagem é o reflexo direto das interações entre a sociedade e a natureza.

Bertrand (2007, p. 37) define a paisagem como um objeto de estudo que exige uma abordagem metodológica, atuando como mediadora entre a sociedade e a natureza.

O autor a descreve como uma interpretação social da natureza e, ao mesmo tempo, uma "representação das transformações impostas pela sociedade" (Bertrand, 2007, p. 226). Para o autor, a paisagem se tornou um campo central de estudo, refletindo questões relacionadas à identidade cultural, meio ambiente e qualidade de vida (Bertrand, 2007, p. 295).

Assim, a paisagem é moldada pelas interações entre os fatores naturais e as atividades humanas ao longo do tempo. Compreender essa dinâmica é fundamental para analisar as transformações do espaço e suas implicações. As contribuições de pensadores como Humboldt, La Blache, Brunhes e Bertrand destacam a importância de uma abordagem integrada, que reconheça a relação entre sociedade e natureza.

Importância dos cenários naturais

A preservação e conservação dos cenários naturais são fundamentais para garantir a sustentabilidade ambiental e a manutenção do equilíbrio ecológico. Esses cenários desempenham um papel crucial na qualidade de vida humana, pois fornecem serviços ambientais e ecossistêmicos essenciais para o bem-estar das populações.

Áreas naturais como florestas, rios e zonas costeiras são responsáveis por serviços como a regulação do clima, o controle do ciclo hidrológico e a manutenção da biodiversidade. Esses serviços são indispensáveis para a resiliência de ecossistemas e para a estabilidade das áreas urbanas e rurais, uma vez que auxiliam na mitigação de desastres naturais.

Estudos como o de Vitousek et al. (1997) apontam para a perda desses ecossistemas naturais. Essa problemática pode comprometer a capacidade de resiliência das áreas urbanas, especialmente diante do uso e da ocupação sem ordenamento, potencializando, consequentemente, eventos climáticos extremos, como cheias e vazantes fluviais, que vêm se tornando cada vez mais frequentes.

Pacheco (2013) destaca que os sistemas hídricos superficiais da Amazônia, como rios, igarapés açu e mirim da Unidade de Terra Firme, lagos temporários e furos da Unidade de Várzea, são fundamentais para uma série de atividades humanas, incluindo a agricultura, a pecuária, o abastecimento de água e a pesca. No entanto, essas atividades, quando mal

geridas, podem provocar impactos negativos nas unidades hídricas e comprometer os serviços ecossistêmicos que elas oferecem.

Isso inclui a degradação da qualidade da água, a perda de biodiversidade e a alteração dos fluxos naturais de água, afetando diretamente tanto os ecossistemas aquáticos quanto as comunidades que deles dependem.

Nesse sentido, a preservação dos sistemas hídricos é essencial para manter os serviços ecossistêmicos que asseguram a disponibilidade de água limpa e a estabilidade dos recursos naturais, como apontado por Morin (2016), que enfatiza a importância da organização dos sistemas naturais e a interdependência entre os seus componentes.

La Blache (1954) propõe que as paisagens resultam da interação entre elementos naturais e humanos ao longo do tempo, sendo o produto de processos históricos e dinâmicas sociais. A compreensão da história das paisagens é crucial para entender como o uso da terra afeta os serviços ecossistêmicos ao longo do tempo.

Em regiões como a Amazônia, a conversão de florestas nativas para áreas de agricultura e pecuária tem gerado impactos significativos. Pacheco (2013) aponta que, entre 1986 e 2010, as atividades agrícolas e pecuárias se expandiram na região, resultando na transformação de áreas de floresta em pastagens e terras cultiváveis.

Essas mudanças alteram diretamente os serviços ambientais, como a regulação do clima e a preservação da biodiversidade, e, conseqüentemente, afetam a qualidade de vida das populações locais.

A construção de cenários sustentáveis exige a integração dos aspectos ambientais e sociais, conforme destacam Girardet (1999) e outros estudiosos. Para que os cenários urbanos sejam verdadeiramente sustentáveis, devem ser projetados como parte de um ecossistema mais amplo, no qual a interação com os ecossistemas naturais seja equilibrada.

Assim, a conservação dos cenários naturais e dos serviços ambientais e ecossistêmicos deve ser vista como um conjunto de componentes interdependentes de um esforço contínuo para garantir a saúde ambiental e a qualidade de vida das populações. A integração desses serviços é essencial para construir um futuro mais equilibrado e resiliente, no qual as necessidades humanas e a preservação dos ecossistemas possam coexistir de forma sustentável.

1.3 Paisagem e a geodiversidade

A paisagem é uma das categorias fundamentais da Geografia, sendo reconhecida como

uma forma de observação de uma determinada porção do espaço geográfico. Ela vai além do que é visível aos olhos, reunindo uma série de elementos que são transformados tanto pelas dinâmicas naturais quanto pelas ações humanas.

A paisagem geográfica, portanto, não é apenas um conjunto de características físicas, mas uma realidade complexa e dinâmica, composta por interações entre o ambiente natural e as práticas humanas ao longo do tempo.

A reflexão sobre a paisagem remonta aos trabalhos de Alexander von Humboldt (1769-1859), considerado um dos pioneiros dessa abordagem. Humboldt defendia que a paisagem deveria ser analisada em sua totalidade, levando em conta elementos como vegetação, relevo, clima e outros aspectos naturais.

Essa visão permitia caracterizar de forma comparativa e explicativa os fenômenos geográficos (Humboldt, 2004). Para o autor, a diversidade das paisagens reflete as interações entre os elementos naturais e sociais, oferecendo uma visão holística essencial para a compreensão moderna da paisagem.

Com isso, a paisagem não é apenas uma composição de elementos físicos, mas também um reflexo das interações sociais e históricas de uma determinada comunidade. Esse conceito foi fundamental para a Geografia, pois introduziu uma abordagem integradora e interdependente entre os componentes naturais e humanos.

A relação entre os componentes naturais e culturais da paisagem foi aprofundada por Humboldt, que introduziu o “conceito de *Landschaft* (paisagem), definindo-a como uma unidade organizada de elementos interativos, como rochas, relevo, clima e vegetação” (Humboldt, 2004, p. 35). No entanto, a abordagem de Humboldt não se limitava apenas à observação da natureza.

Com Carl Ritter (1779-1859), a paisagem passou a ser vista também sob uma perspectiva histórica e filosófica, levando em consideração as interações entre o homem e o meio ambiente. Ritter, ao lado de Humboldt, estabeleceu as bases para a análise regional, na qual a paisagem era compreendida como o produto dinâmico das interações sociais e ambientais (Ritter, 2004).

Essa visão ampliada da paisagem como um fenômeno dinâmico e multiestratificado, incorporando aspectos tanto físicos quanto culturais de um espaço, foi crucial para o desenvolvimento da Geografia moderna.

Posteriormente, Bertrand (2007) aprofundou essa análise ao afirmar que a paisagem é, simultaneamente, uma construção simbólica e uma representação da relação entre sociedade e

natureza. Para ele, a paisagem oferece uma visão dualista: “de um lado, ela fornece uma interpretação social dos fenômenos naturais; de outro, ela revela uma visão natural dos processos sociais” (Bertrand, 2007, p. 226).

Essa concepção amplia o entendimento de paisagem ao incluí-la como um elemento central na formação de identidades culturais e espaços geográficos, refletindo a interação constante entre a natureza e a sociedade. Em um nível mais profundo, Bertrand propõe que a “paisagem é um patrimônio identitário, refletindo as representações simbólicas e culturais de uma sociedade em relação ao seu território” (Bertrand, 2007, p. 295).

É importante destacar que, além de sua relevância ecológica e científica, a paisagem também desempenha um papel fundamental na qualidade de vida das comunidades, funcionando como um elo entre o ambiente natural e a experiência humana. Nesse contexto, Brunhes (1962) enfatiza que a paisagem não pode ser estudada de forma isolada: “não basta estudar isoladamente essas séries diversas de fenômenos; elas não existem isoladas na realidade; estão interconectadas. A ideia de conexão deve ser central em qualquer estudo completo dos fatos geográficos” (Brunhes, 1962, p. 32).

Nesse sentido, a paisagem é entendida não apenas como um fenômeno físico ou visual, mas como um espaço de interação e interpretação, no qual os elementos naturais e humanos estão em constante transformação e relação.

Assim, ao abordar a geodiversidade, é essencial considerar a paisagem como um conjunto dinâmico e multiestratificado, onde as múltiplas interações entre o meio ambiente e as sociedades humanas resultam em uma realidade geográfica complexa e interdependente.

1.3.1 Geodiversidade e sua relação com a paisagem

A geodiversidade, embora um conceito relativamente recente, tem se tornado cada vez mais importante para o entendimento das dinâmicas do meio natural e das paisagens que nos cercam.

Introduzido formalmente em 1993, durante a Conferência de Malvern, no Reino Unido, o termo foi inicialmente criado para complementar o conceito de biodiversidade, englobando os componentes abióticos do meio natural, como os aspectos geológicos, o relevo, os solos e as águas (Serrano; Ruiz Flaño, 2007).

A geodiversidade surge, assim, como uma maneira de compreender as interações e a diversidade dos elementos abióticos, essenciais para a formação das paisagens e para o desenvolvimento dos ecossistemas no planeta.

Contudo, “esse conceito já havia sido abordado de forma incipiente na década de 1940, quando o geógrafo argentino Federico Alberto Daus o utilizou para diferenciar áreas da superfície terrestre, com um enfoque na Geografia Cultural” (Rojas apud Serrano; Ruiz Flaño, 2007, p. 81).

A popularização do termo aconteceu em grande parte devido aos debates globais sobre a conservação ambiental e a sustentabilidade, especialmente após as conferências internacionais sobre o meio ambiente, como a Conferência de Malvern (CPRM, 2010).

O conceito de geodiversidade foi amplamente explorado por Murray Gray, em sua obra “*Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*” (2004), que apresentou uma definição baseada nos aspectos geológicos, geomorfológicos e outros componentes abióticos, como solos e águas, que formam as paisagens naturais e sustentam a vida no planeta.

De acordo com Gray, a geodiversidade é essencial para entender a diversidade da natureza, uma vez que ela abrange a variedade de ambientes geológicos e os processos naturais que dão origem à superfície terrestre (Gray, 2004).

Nessa perspectiva, Eberhard (1997) já havia introduzido uma visão similar, reconhecendo a geodiversidade como a diversidade natural entre os aspectos geológicos, do relevo e dos solos, fundamentais para a compreensão dos fenômenos naturais e da paisagem como um todo.

A geodiversidade, assim como a biodiversidade, está intrinsecamente relacionada à sustentabilidade dos ecossistemas e à preservação das paisagens. Esses dois conceitos são essenciais para a manutenção da vida na Terra, sendo fatores interdependentes.

A geodiversidade engloba a diversidade geológica e geomorfológica, os solos e as águas, que formam a base física sobre a qual a vida se desenvolve. Kozłowski (2004) enfatiza que “a sua conservação é crucial para garantir a integridade dos ecossistemas e a qualidade de vida, especialmente em um contexto global de mudanças ambientais e uso da terra” (Kozłowski, 2004, p. 14).

Veiga (2002, p. 11) reforça essa ideia ao definir a geodiversidade como a expressão das particularidades do meio físico, compreendendo os diversos elementos que compõem a paisagem natural, como rochas, relevo, clima e águas, tanto subterrâneas quanto superficiais. Esses componentes abióticos formam a base sobre a qual as interações bióticas acontecem, influenciando diretamente a dinâmica dos ecossistemas.

A abordagem da geodiversidade inclui a consideração de elementos abióticos, mas também seus vínculos com os processos antrópicos, como o uso e a ocupação da terra.

Kozlowski (2004) destaca que a geodiversidade não deve ser vista isoladamente, pois ela interage com os aspectos bióticos e culturais da paisagem, formando um sistema complexo.

A geodiversidade compreende a interação entre fatores naturais e culturais que formam os ecossistemas e a diversidade do planeta. Segundo o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010), ela inclui a variedade de ambientes e processos geológicos, como rochas, minerais, fósseis, solos e águas, essenciais para a manutenção da vida na Terra.

Logo, a geodiversidade é um conceito fundamental para entender a dinâmica da paisagem e a interdependência entre os elementos naturais e culturais que sustentam os ecossistemas e engloba uma variedade de componentes geológicos e processos que moldam o ambiente, influenciam a biodiversidade e são cruciais para a vida no planeta.

1.3.2 Elementos da Geodiversidade

A geodiversidade, juntamente com a biodiversidade, desempenha um papel fundamental na manutenção de paisagens equilibradas, pois ambos os fatores contribuem para a fisiografia dos ambientes naturais.

Nesse contexto, Brilha (2005) define a geodiversidade como englobando apenas os aspectos não vivos do planeta, abrangendo não apenas os vestígios de um passado geológico, como minerais, rochas e fósseis, mas também os processos naturais em curso, que geram novos vestígios.

Kozlowski (2004) complementa essa visão ao afirmar que a "variedade natural na superfície da Terra" inclui elementos geológicos, geomorfológicos, edáficos e hidrológicos, cujas interações sistêmicas influenciam diretamente a formação das paisagens e a biodiversidade, envolvendo processos naturais (endógenos e exógenos) e antrópicos.

Por sua vez, Cañadas e Flaño (2007) destacam que a variabilidade da natureza abiótica abarca os processos físicos da superfície terrestre, que, tanto naturais quanto antrópicos, geram a diversidade de partículas, elementos e locais, essenciais para a configuração e manutenção desses ambientes.

Corroborando essa perspectiva, Serrano e Ruiz-Flaño (2007) destacam a variabilidade da natureza abiótica, incluindo aspectos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, topográficos e hidrológicos. Esses componentes não apenas definem a estrutura física do ambiente, mas também interagem ao longo do tempo, criando uma dinâmica que molda e transforma as paisagens.

Para os autores, tanto os processos naturais quanto as intervenções humanas

influenciam essa variabilidade, gerando mudanças nos elementos da geodiversidade e na diversidade de lugares e paisagens (Serrano e Ruiz-Flaño, 2007, p. 82).

Dessa forma, a geodiversidade é uma manifestação dinâmica que integra diversos processos que afetam o meio físico e, conseqüentemente, a biodiversidade. A análise dessa categoria dialoga com a Geografia Física e oferece uma compreensão mais profunda sobre os processos que moldam o uso e a ocupação do solo. A geomorfologia, por exemplo, estuda as formas de relevo e os processos que as moldam, fornecendo informações essenciais para compreender a distribuição e a dinâmica dos recursos naturais.

Kozłowski (1999, p. 16) também alerta para o fato de que as atividades humanas podem gerar impactos irreversíveis não só sobre a biodiversidade, mas também sobre os aspectos geológicos, tornando imperativa a implementação de políticas de conservação ambiental e uso responsável dos recursos naturais.

Assim, a geodiversidade é composta por um conjunto de elementos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos que interagem para formar a paisagem e influenciar a biodiversidade. A compreensão dos processos geológicos e geomorfológicos que moldam essas paisagens é essencial para o desenvolvimento de estratégias de conservação eficazes, que considerem tanto os aspectos abióticos quanto bióticos do meio ambiente.

1.4 Sub-bacia hidrográfica e a dinâmica do uso e ocupação do solo

A definição das sub-bacias, entretanto, pode variar conforme o autor e os critérios adotados para sua delimitação. De acordo com Santana (2004), a divisão de uma bacia em sub-bacias não segue um modelo fixo, sendo determinada por critérios arbitrários, dependendo do contexto de análise.

Essas categorias constituem unidades essenciais para a compreensão da dinâmica dos sistemas fluviais, desempenhando um papel crucial na gestão dos recursos hídricos. Elas representam as áreas de drenagem dos afluentes que se conectam a um rio principal, o que possibilita uma análise mais detalhada dos impactos ambientais e das atividades humanas sobre as bacias hidrográficas.

Além disso, Teodoro *et al.* (2007) destacam que “a definição de bacias e sub-bacias hidrográficas depende do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo principal (tronco ou canal coletor). Cada bacia interliga-se a outra de ordem hierárquica superior, formando, em relação a esta última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacia hidrográfica são relativos” (Teodoro *et al.*, 2007, p. 139).

Essa interdependência entre as bacias e suas sub-bacias implica que as características de uma sub-bacia estão sempre relacionadas à bacia maior da qual ela faz parte.

Em complemento a essa visão, Christofolletti (1980) reforça a importância da hierarquia fluvial, um modelo que ajuda a entender a classificação dos cursos d'água e das áreas drenadas em relação à bacia hidrográfica maior:

A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isto é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos [...] sobre as bacias hidrográficas (Christofolletti, 1980, p. 106-107).

Essa classificação hierárquica facilita o entendimento dos fluxos hídricos e das interações que ocorrem entre os cursos de água e os usos do solo.

Do ponto de vista hidrológico, a classificação das bacias e sub-bacias em grandes ou pequenas não se baseia apenas na área de sua superfície, mas também nos fatores que influenciam a geração do deflúvio, ou seja, o escoamento das águas.

Teodoro et al. (2007) afirmam que “o conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local” são essenciais para compreender os processos que regem o comportamento dos cursos d'água e o impacto das atividades humanas na qualidade ambiental (Teodoro *et al.*, 2007, p. 139).

A dinâmica de uso e ocupação do solo nas sub-bacias tem se intensificado nas últimas décadas, resultando em impactos ambientais significativos. A urbanização, a agricultura intensiva e a exploração de recursos naturais têm comprometido a qualidade da água, gerando desmatamento, compactação do solo e aumento da poluição.

Por isso, a delimitação e o manejo adequado das sub-bacias, considerando suas características naturais e os impactos das atividades humanas, são fundamentais para o planejamento de políticas públicas eficazes e para a promoção do desenvolvimento sustentável. A integração da hierarquia fluvial com a gestão do uso do solo nas sub-bacias é essencial para garantir a preservação dos ecossistemas e a disponibilidade de água para as futuras gerações.

1.4.1 Sub-bacias hidrográficas na dinâmica de uso e ocupação do solo

A sub-bacia hidrográfica constitui uma unidade físico-espacial de análise da paisagem, delimitada por divisores de águas e estruturada pela rede de drenagem. Seu funcionamento

resulta da interação entre geologia, relevo, solos, clima, vegetação e fluxos hídricos, associados às diferentes formas de uso e ocupação do espaço geográfico.

Nessa perspectiva, Suguio e Bigarella (1990) definem a drenagem fluvial como uma rede de canais interligados, organizada por um rio principal e seus tributários. Essa estrutura expressa a integração entre vertentes e canais, condicionando o escoamento, o transporte de sedimentos e a dinâmica geomorfológica da bacia (Suguio; Bigarella, 1990, p. 13).

De forma complementar, Guerra (1993) caracteriza a bacia hidrográfica como a área drenada por um rio principal e seus afluentes, enquanto Oliveira (1993) destaca as vertentes e os divisores de águas como elementos de sua delimitação. Essas concepções evidenciam a relação funcional entre relevo, drenagem e circulação hídrica (Guerra, 1993, p. 48; Oliveira, 1993, p. 47).

Na Amazônia, entretanto, a organização da drenagem não decorre apenas dos processos hidrológicos atuais. Sua configuração também está relacionada à evolução geomorfológica e aos condicionamentos estruturais da paisagem, que influenciam a orientação dos canais, a configuração dos vales e a organização espacial das redes hidrográficas.

Nesse contexto, Sternberg (1950) constitui referência pioneira para a interpretação da drenagem amazônica, ao discutir relações entre configuração dos vales, organização dos cursos fluviais e condicionamentos estruturais. Essa perspectiva permite compreender a rede hidrográfica como componente e registro da evolução geomorfológica da paisagem amazônica.

Assim, alinhamentos fluviais, inflexões de canais e características morfológicas dos vales podem constituir elementos relevantes para interpretar a evolução da drenagem. A rede hidrográfica atua, simultaneamente, como agente geomorfológico, por meio da erosão, do transporte e da deposição, e como expressão dos condicionantes estruturais e topográficos da paisagem.

Além da configuração geomorfológica, os sistemas fluviais amazônicos apresentam diferenças físico-químicas e sedimentológicas. Sioli (1951) classificou os rios amazônicos em águas brancas, pretas e claras, demonstrando relações entre propriedades das águas, materiais transportados e características ambientais das respectivas áreas de drenagem.

Nessa direção, Pacheco (2013) destaca que erosão, transporte e deposição de sedimentos estabelecem conexões entre vertentes, canais e planícies de inundação. Esses processos influenciam a morfologia fluvial e demonstram que o funcionamento das sub-bacias

depende da interação entre componentes hidrogeomorfológicos e condições ambientais.

Entretanto, as sub-bacias também são modificadas pelas ações humanas. Agricultura, pecuária, urbanização, desmatamento, abertura de estradas, turismo e infraestrutura alteram o uso e a cobertura da terra, podendo modificar infiltração, escoamento superficial, erosão e transporte sedimentar, com efeitos sobre a qualidade e a dinâmica dos recursos hídricos (Pacheco, 2013).

Consequentemente, alterações nas vertentes e na cobertura vegetal podem produzir respostas que se propagam pela rede hidrográfica. A conectividade entre vertentes, canais e áreas a jusante demonstra que fluxos de água, sedimentos, matéria e energia integram os diferentes componentes da sub-bacia em uma estrutura funcionalmente interdependente.

Nesse sentido, a fisiografia da paisagem permite integrar geologia, relevo, solos, hidrografia, clima e vegetação às formas de uso do espaço geográfico. Essa abordagem possibilita identificar condicionantes naturais, pressões antrópicas e respostas hidrogeomorfológicas, estabelecendo relações entre estrutura da paisagem e processos de transformação ambiental.

No âmbito desta pesquisa, a sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva é compreendida como um sistema espacial aberto e dinâmico, estruturado pelas interações entre geodiversidade, estrutura da paisagem, processos hidrogeomorfológicos e uso e cobertura da terra, cujas relações condicionam sua organização e transformação ao longo do tempo.

a análise fundamenta-se nas relações entre geodiversidade, estrutura da paisagem, processos hidrogeomorfológicos, uso e cobertura da terra e respostas sistêmicas. Essa abordagem permite interpretar a sub-bacia como um sistema complexo, marcado por interdependências, conectividades e retroalimentações entre processos naturais e ações humanas no espaço geográfico.

Essa perspectiva fornece, por fim, suporte à análise retrospectiva, atual e prospectiva da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, permitindo identificar permanências, transformações e tendências da paisagem em diferentes escalas espaço-temporais e subsidiando a construção dos cenários desenvolvidos nesta pesquisa.

1.4.2 Atividades da sociedade nas sub-bacias hidrográficas e nos recursos hídricos associados

As atividades humanas, particularmente a urbanização, a agricultura intensiva e a pecuária, quando não acompanhadas de infraestrutura e saneamento adequados, contribuem

diretamente para a degradação dos mananciais superficiais, como rios, lagos e represas. Essa degradação também pode afetar os mananciais subterrâneos, comprometendo a qualidade e a quantidade de água disponível para as gerações futuras (Tundisi *et al.*, 1999).

Pacheco (2013) observa que negar a influência das atividades humanas sobre os sistemas ambientais equivale a ignorar a interdependência entre o uso da terra e os processos naturais. Destaca também que o uso da terra é caracterizado por sistemas produtivos que envolvem tanto a agricultura familiar, com agricultores tradicionais, quanto a criação extensiva de gado bovino e bubalino, praticada pelos pecuaristas do agronegócio.

Afirma ainda que, entre 1986 e 2010, as principais categorias de uso da terra foram distribuídas entre a agricultura familiar, capoeira, campo, floresta nativa, hidrografia e pastagens. Esses diferentes tipos de ocupação alteram diretamente a dinâmica das sub-bacias hidrográficas, uma vez que modificam os processos naturais que regulam os recursos hídricos, afetando a qualidade da água e os ecossistemas associados (Pacheco, 2013, p. 100).

Para a autora, a relação entre os sistemas hídricos e o uso da terra deve ser tratada com atenção, pois a água precisa de elementos dos subsistemas naturais que favoreçam sua entrada, permanência e circulação dentro de uma rede hidrográfica. Esses subsistemas incluem os processos “hidrogeomorfológicos (vertentes, solos e rochas), os processos hidrológicos e a vegetação, e os processos geomorfológicos de canais e planícies de inundação” (Pacheco, 2013, p. 137).

Essa interdependência entre os processos naturais é crucial para a compreensão da dinâmica dos rios, especialmente nas regiões de várzeas e planícies de inundação. Quanto a esses rios, Pacheco (2013, p. 143) destaca:

Os rios das várzeas/planícies de inundação são caracterizados por sua cor turva ou amarelada, devido ao grande transporte de sedimentos sólidos em suspensão, provenientes da dinâmica fluvial em canais com aluviões e advindos das morainas da Cordilheira Andina (Pacheco, 2013, p. 143).

A presença de sedimentos nas águas é um indicativo claro da intensa movimentação de partículas que alteram a qualidade da água e a dinâmica fluvial, impactando diretamente os ecossistemas aquáticos e a capacidade de autolimpeza dos rios e córregos. Nesse contexto, as Áreas de Preservação Permanente (APP) de uma bacia de drenagem desempenham um papel crucial na regulação da dinâmica fluvial e na proteção da qualidade da água.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) de uma bacia de drenagem apresentam diferentes aspectos que influenciam o uso e a ocupação do solo, como a relação com o solo

urbano e a fisiografia fluvial. O Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651, de 2012, define as APP como:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

Essas áreas, ao longo das margens dos corpos d'água, têm uma relação intrínseca com o uso e a ocupação do solo, especialmente em áreas urbanas, onde a fisiografia fluvial se torna um dos elementos-chave para a análise do impacto humano. Quando as APP não são respeitadas ou são degradadas pela expansão urbana, pela agricultura ou pelo desmatamento, ocorre a perda de vegetação ciliar, o que aumenta a erosão e a carga de sedimentos nos cursos d'água.

A legislação estabelece distâncias mínimas para as áreas de preservação ao longo de cursos d'água. Por exemplo, para “rios com largura de até 10 metros, a faixa de preservação é de 30 metros; para rios entre 10 e 50 metros, a faixa é de 50 metros; e para rios com mais de 600 metros de largura, a faixa de preservação chega a 500 metros” (Brasil, 2012).

Em áreas rurais, as APP devem ter metade da largura do rio, mas nunca menos de 30 metros e nunca mais de 100 metros, de acordo com a Lei nº 6.766/79, que trata do parcelamento urbano e estabelece normas complementares sobre faixas não edificáveis.

Conforme o Código Florestal, o uso e a ocupação do solo devem ser monitorados para garantir que não haja uso indevido dos mananciais presentes nessas áreas. As APP têm como objetivo proteger solos, águas e matas ciliares. Nesses locais, o desmatamento, total ou parcial da vegetação, só é permitido com autorização do poder público, e apenas quando houver atividades de utilidade pública ou de interesse social.

No caso de áreas urbanas, onde a intervenção humana nos corpos d'água é mais frequente, a Lei 12.651/2012 permite uma faixa de preservação menor, estabelecendo 15 metros para rios urbanos que sofreram modificações significativas. Essa medida busca equilibrar a proteção ambiental com o desenvolvimento urbano.

Pacheco (2013, p. 116) complementa:

A consequência da retirada de vegetação nas APP de rio (faixas justafluviais) e das nascentes favorece o desgaste do solo desnudo, que ao receber os impactos das chuvas vai liberar as partículas, abrindo erosões que vão aumentando com o tempo (Pacheco, 2013, p. 116).

Esse processo resulta no transporte de sedimentos para os leitos dos rios, alterando sua

dinâmica fluvial. Segundo Pacheco (2013), a erosão, o transporte e a deposição de sedimentos afetam diretamente a capacidade do rio de lidar com a carga sedimentar, o que pode levar a mudanças no fluxo da água e no ecossistema aquático.

Assim, em vista desse cenário, a determinação adequada do uso e da ocupação do solo nas bacias hidrográficas é essencial para mitigar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais. Pacheco (2013) enfatiza que “o solo e a água são elementos fundamentais à vida e estão diretamente relacionados aos sistemas naturais”, sendo crucial a sua proteção para o bem-estar das populações e a preservação da biodiversidade.

1.5 As redes da complexidade

As redes geográficas revelam uma complexa teia de interconexões e interdependências que envolvem tanto elementos naturais quanto construídos, essenciais para a compreensão dos sistemas espaciais. Essas relações socioculturais e ambientais são dinâmicas e mutáveis, como apontam Brandão (2016) e Martins (2017), que destacam como indivíduos, comunidades e sistemas interagem em escalas temporais e espaciais variadas.

A interconectividade, elemento central nas redes complexas, demonstra que as ações de um componente afetam os demais, gerando interdependência. Na Geografia, essa abordagem é importante para entender os fluxos de energia, matéria, informações e pessoas, que formam redes conectando cidades, ecossistemas e infraestruturas.

Brandão (2016, p. 148) observa que o “deslocamento sistemático dos grupos familiares para eventos diversos gera uma variedade de caminhos ou rotas, resultando em encontros que configuram uma rede estruturada”. Essas redes podem ser visualizadas por meio de grafos (estrutura), arestas (caminhos) e nós (encontros), refletindo a organização espacial e social das comunidades.

Martinho (2011) reforça esse ponto ao destacar a importância de nodos e conexões nas redes, representados por pontos e linhas que ilustram os vínculos entre os elementos. Essas representações gráficas permitem uma melhor compreensão das relações espaciais que se formam e reconfiguram.

Martins (2018) aprofunda essa análise, afirmando que, para entender a conectividade em sistemas de trilhas culturais, é necessário examinar os elementos que compõem essas redes. A interpretação das partes permite compreender as inter-relações complexas nas práticas socioculturais e ambientais, estabelecidas por redes de trilhas, atividades sociais, culturais e agrícolas.

A teoria das redes de interações complexas oferece uma base para entender essas dinâmicas, nas quais os nós e as conexões formam relações interdependentes e adaptáveis. Franco (2012) utiliza a metáfora do "multiverso" para ilustrar como múltiplas realidades coexistem e se transformam de acordo com os fluxos dentro de uma rede. Essas redes não são fixas, mas estão em constante transformação, refletindo as interações entre práticas sociais e o ambiente.

Redes complexas explicam padrões de cooperação e conflito entre atores sociais, enquanto, na Ecologia e na Geografia Física, ajudam a entender a resiliência dos ecossistemas. Na Vila Amazônia, Brandão (2016) exemplifica essa teoria ao descrever as redes socioculturais e os deslocamentos de grupos familiares, criando interações que conectam práticas sociais e ambientais, moldando a geografia da região.

O movimento contínuo dos grupos sociais por diferentes trilhas e eventos não só mapeia o uso do espaço geográfico, mas também fortalece as conexões entre os indivíduos e as práticas culturais locais. Essas redes de interações complexas são descritas por Franco (2012, p. 12) como multiverso, significando:

Não existe uma realidade para todos: são muitos os mundos. Tudo depende das fluições em que cada um move, emaranhamentos que se tramam, das configurações de interações que se constelam e se desfazem, intermitentemente, sobre esta passagem o autor faz alusão ao que Heráclito disse que não se pode entrar duas vezes no mesmo rio (Franco, 2012, p. 12).

Segundo o autor, essa multiplicidade se deve às diversas fluições em que os indivíduos e grupos sociais se movimentam, aos emaranhamentos que se formam e às configurações de interações que se constroem e se desfazem ao longo do tempo. Isso evidencia a dinâmica das interações e a complexidade das práticas socioculturais.

Brandão (2016) aponta que as redes sociais de interações complexas em Vila Amazônia são dinâmicas, adaptando-se às constantes mudanças nas interações entre os grupos sociais e o meio ambiente. Essa análise revela a estrutura das redes, composta por arestas (caminhos percorridos) e nós (pontos de encontro), evidenciando como as redes sociais e ambientais se conectam no espaço geográfico.

Segundo Martins (2017, p. 140), em sua dissertação de mestrado: “as redes em sistemas de trilhas são traçadas em linhas (arestas), conexões (nodos), conforme o sistema de produção rural, número de membros do núcleo familiar, influências sociais, envolvimento nas atividades religiosas, participação nos eventos culturais, transações comerciais com os centros urbanos e práticas de subsistência.”

A perspectiva de Martinho (2011, p. 8) amplia essa ideia, ao destacar que as redes são usadas para qualificar e compreender estruturas organizacionais complexas, compostas por múltiplos elementos dispersos no espaço, mas interligados de maneira funcional.

Ao observar o diagrama de rede, Martinelli (2014, p. 115) descreve-o como um grafo, composto por nós e/ou nodos que integram uma rede geográfica, traçando um paralelo com mapas de circulação, em que pontos são conectados por linhas retas.

A rede, em sua complexidade, como aponta Martinho (2011), é composta por dois elementos fundamentais: os nodos (pontos) e as conexões (linhas), que juntos formam configurações dinâmicas e variadas. A compreensão da conectividade entre esses elementos é crucial, já que a interação entre nodos ocorre de forma irregular, influenciada por fatores históricos, sociais e pela posição dos agentes na rede.

De acordo com Franco (2012, p. 45), a mera existência de nodos conectados não caracteriza uma rede; a essência das redes está em sua dinâmica e fluidez, em constante transformação. Nas redes complexas, especialmente nos sistemas geográficos, essa dinâmica é essencial para compreender a interconexão entre os componentes do ambiente, como fluxos de energia, matéria e informação que circulam no espaço geográfico.

Essa complexidade reflete não apenas a diversidade de elementos, mas também a interdependência entre eles, destacando as redes como elementos centrais para a análise dos sistemas ecológicos, sociais e econômicos que moldam as paisagens.

As redes complexas nos sistemas geográficos estão intimamente ligadas aos conceitos de ecossistemas. Odum (1993) ressalta que a análise das redes ecológicas é essencial para entender como a energia flui entre os diferentes níveis tróficos, dos produtores aos decompositores.

As redes de energia sustentam a vida e mantêm os processos ecológicos em equilíbrio. “Os ecossistemas são formados por redes complexas de interação entre componentes bióticos e abióticos, com interações dinâmicas e contínuas, refletindo a natureza integrada dos sistemas ecológicos” (Odum, 1993, p. 45).

Pires e Santos (1995) observam que as redes de paisagem são formadas por nodos e conexões que representam os elementos naturais e construídos, como rios, habitats e áreas urbanas. Um rio, por exemplo, pode ser um conector fundamental entre diferentes unidades de paisagem, transportando nutrientes essenciais para a fertilidade do solo e a produtividade agrícola.

Além das influências naturais, as atividades humanas desempenham um papel

importante na modificação dessas redes. Ross e Del Prette (1997) observam que a urbanização pode fragmentar as redes de paisagem, interrompendo corredores ecológicos e alterando os fluxos naturais.

Odum (1993) reforça que a resiliência dos sistemas geográficos depende da diversidade e da redundância das redes. Em ecossistemas, a presença de múltiplas espécies que desempenham funções semelhantes aumenta a capacidade de resposta a distúrbios.

Esses modelos ajudam a identificar pontos críticos nas redes, onde intervenções podem ser mais eficazes. Por exemplo, a análise da conectividade ecológica pode orientar ações de conservação, protegendo habitats-chave e garantindo a funcionalidade dos corredores ecológicos.

Em suma, a análise das redes complexas em sistemas geográficos oferece uma visão integrada dos processos ecológicos e sociais que moldam as paisagens, e sua gestão eficaz requer uma abordagem holística, que integre tecnologia, participação social e políticas públicas adaptativas.

1.5.1 Interconexões e interdependências entre os elementos das redes geográficas

As redes geográficas, com suas complexas interconexões e interdependências entre elementos naturais e construídos, desempenham um papel central na compreensão dos sistemas espaciais. Martins (2017) traz uma importante contribuição ao destacar o uso de experimentos científicos para a construção dessas redes, particularmente no contexto das trilhas culturais de deslocamento.

O autor aponta que a criação de matrizes de inter-relações e circulação em trilhas culturais possibilita a elaboração de gráficos que representam a rede de inter-relações socioculturais. Esse método, aplicado ao PA Vila Amazônia, se baseia em um sistema híbrido e complexo de interações entre os componentes das unidades-lotes da agricultura familiar, que constituem práticas socioculturais fundamentais para essas trilhas.

A abordagem de Martins (2017) ressalta que essas redes são formadas por um emaranhado de conexões dinâmicas, refletindo a natureza multifacetada das interações humanas com o ambiente. A construção das redes de inter-relações socioculturais nos sistemas de agricultura familiar, por exemplo, revela como as práticas culturais se interligam a partir das interdependências entre os recursos naturais, como o solo, a vegetação, o relevo e a água, e as atividades humanas, como o cultivo e o transporte.

Essas interações, que constelam e se desfazem, podem ser vistas como manifestações

do “multiverso” descrito por Franco (2012), no qual a realidade é fluida e as relações são sempre mutáveis, em constante transformação.

Nesse sentido, as trilhas culturais mencionadas por Martins (2017) são fundamentais para entender como as comunidades locais se organizam em torno das suas atividades cotidianas e como essas atividades influenciam e são influenciadas pelo espaço geográfico.

Essa perspectiva dinâmico-fluida das redes geográficas faz eco à noção de Heráclito de que “não se pode entrar duas vezes no mesmo rio”, sublinhando a impermanência e a constante transformação dos elementos que constituem essas redes. Martins (2017) contribui para esse debate ao explorar a estrutura das redes geográficas por meio da teoria dos grafos, onde nós e arestas formam a base das interações e das trilhas culturais.

Essas interdependências podem ser observadas em diversos aspectos da gestão ambiental e do uso do solo. Silva e Menezes (2001) apontam que componentes naturais como rios, montanhas e florestas estão interligados através de fluxos que operam em escalas espaciais e temporais distintas.

Portanto, a compreensão das interconexões e interdependências nas redes geográficas é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de gestão integrada que respondam aos desafios contemporâneos. Essas redes, ao conectar elementos naturais e construídos, revelam a complexidade inerente à organização espacial e à interação entre sistemas ecológicos e humanos.

CONSIDERAÇÕES

A presente investigação busca destacar a relevância de uma abordagem sistêmica e interdisciplinar para a análise dos fenômenos geográficos, com ênfase na aplicação da Teoria da Complexidade de Edgar Morin. A utilização do sistema tetralógico permitiu uma compreensão mais profunda das incertezas e das interconexões que caracterizam os territórios, oferecendo uma metodologia inovadora e eficaz para os estudos geográficos.

No Capítulo I, buscou-se evidenciar a importância da abordagem sistêmica na análise dos fenômenos geográficos, ressaltando a relevância da Teoria da Complexidade para o entendimento das dinâmicas dos sistemas geográficos. A aplicação do sistema tetralógico revelou-se uma ferramenta valiosa, permitindo uma abordagem mais abrangente das interações e das interdependências presentes nos territórios.

A definição dos procedimentos metodológicos propostos no Capítulo I assegurou a consistência e a profundidade da pesquisa, criando uma base sólida para futuras investigações

mais detalhadas sobre a complexidade geográfica.

No Capítulo I, ao aprofundar a investigação pautada nas contribuições da Teoria da Complexidade para os estudos de uso e ocupação do solo, buscou-se destacar como a complexidade de Edgar Morin oferece um entendimento mais rico e integrado das relações entre os fatores naturais e humanos.

Identificou-se que a abordagem holística da análise das dinâmicas de uso e ocupação do solo, dentro do contexto da geodiversidade, da paisagem e dos ecossistemas interconectados, leva à compreensão das interações entre os fenômenos naturais e sociais. A interconexão entre esses elementos é fundamental para entender como as atividades humanas afetam o equilíbrio ecológico e a qualidade dos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas.

As discussões abordadas ao longo dos capítulos ressaltaram que a Geografia, ao se aliar à Teoria da Complexidade, ganha uma nova dimensão ao considerar conceitos como incerteza, recursividade, organização e princípio hologramático. Esses conceitos são essenciais para analisar como as dinâmicas ecológicas e as ações humanas interagem de maneira não linear e interdependente, afetando diretamente a geodiversidade e os serviços ambientais das sub-bacias hidrográficas, como a purificação da água, a regulação do clima e a proteção da biodiversidade.

Além disso, a interdisciplinaridade, característica central da Geografia contemporânea, foi fundamental para compreender as complexas relações entre os diferentes componentes do sistema geográfico.

A Teoria da Complexidade, ao promover uma visão integrada e não fragmentada do conhecimento, revelou a necessidade de unir saberes das ciências naturais, sociais e humanas. Essa integração é crucial para uma análise mais precisa das sub-bacias hidrográficas, nas quais fatores físicos, biológicos e sociais se combinam e interagem para definir a qualidade dos ecossistemas e a utilização dos recursos naturais.

A análise das redes da complexidade, que conectam diferentes dimensões do espaço geográfico, propiciou uma estrutura sólida para entender as interações dinâmicas e interdependentes entre as modificações na paisagem, os usos do solo e as transformações nos ecossistemas. Essa abordagem se mostrou essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes para a preservação da integridade dos ecossistemas e dos serviços ambientais, fundamentais para a qualidade de vida das populações.

No que se refere às direções para futuras pesquisas, foi ressaltada a importância de

investigar as interconexões entre os sistemas naturais e construídos, utilizando modelos de rede para compreender os fluxos ecológicos e sociais, além da análise das redes de comunicação e informação, que podem esclarecer como as decisões humanas impactam as paisagens e os ecossistemas.

O estudo da adaptação às mudanças climáticas e a promoção da justiça ambiental foram destacados como áreas prioritárias, com ênfase na preservação dos serviços ambientais e na mitigação de impactos desiguais nos ecossistemas e nas sub-bacias hidrográficas.

Em síntese, a Teoria da Complexidade de Edgar Morin proporcionou um arcabouço teórico inovador e robusto, permitindo uma análise mais integrada e sistêmica dos fenômenos espaciais.

No contexto da tese *Sistema Complexo da Geodiversidade da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Preto da Eva-AM: Cenários Prospectivos da Fisionomia da Paisagem*, as futuras pesquisas devem continuar explorando as interdependências entre a geodiversidade, a paisagem e os ecossistemas, com o objetivo de desenvolver soluções que promovam a sustentabilidade e a conservação dos serviços ambientais.

A adoção dessa abordagem holística e integrada é fundamental para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e contribuir para a construção de um futuro mais equilibrado e sustentável, preservando os recursos naturais e melhorando a qualidade de vida das populações.

CAPÍTULO II – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, COBERTURA DA TERRA E REDES DA COMPLEXIDADE NA SUB-BACIA DO RIO PRETO DA EVA

As dinâmicas de uso e ocupação do solo, bem como as transformações na cobertura da terra, constituem categorias analíticas centrais para a compreensão dos processos de mudança da paisagem em bacias hidrográficas amazônicas. Essas categorias permitem interpretar, de forma integrada, as relações entre sociedade e natureza, evidenciando os padrões espaciais e temporais de apropriação do território e seus reflexos nos sistemas ambientais (Pachêco, 2013; Marques, 2024).

Nesse sentido, a análise do uso e da cobertura da terra configura-se como eixo estruturante para a leitura da organização e da funcionalidade da paisagem. Do ponto de vista conceitual, o uso do solo expressa os modos de apropriação social, econômica e cultural da superfície terrestre, enquanto a cobertura da terra corresponde aos elementos físicos

observáveis, tais como formações vegetais, corpos hídricos, solos expostos e áreas construídas.

Essa distinção é fundamental, pois permite diferenciar a materialidade biofísica da paisagem das funções socioeconômicas a ela atribuídas, ampliando a capacidade interpretativa dos estudos geográficos e ambientais.

Sob a perspectiva do planejamento ambiental, o uso e a ocupação da terra assumem papel estratégico, uma vez que retratam as atividades humanas responsáveis por pressões e impactos sobre os elementos naturais. Conforme destaca Santos (2004, p. 97), trata-se de uma “ponte essencial para a análise de fontes de poluição” e de um elo articulador entre as informações dos meios biofísico e socioeconômico, permitindo compreender a gênese e a intensificação dos conflitos ambientais em diferentes escalas espaciais.

No campo da Geografia, essa categoria analítica possibilita interpretar as pressões antrópicas associadas às transformações socioeconômicas e suas implicações ambientais. Em bacias hidrográficas amazônicas, o uso do solo tende a reconfigurar os fluxos de matéria e energia, influenciando diretamente a dinâmica hidrológica, os processos geomorfológicos e a estabilidade ecológica dos sistemas naturais, o que o torna um elemento-chave para a explicação da dinâmica da paisagem (Batistella, 2005; IBGE, 2013).

De modo operacional, as formas de uso e ocupação da terra são identificadas por meio da tipologia dos usos, espacializada em mapas temáticos, caracterizadas segundo a intensidade de uso e os índices de manejo, além de quantificadas em termos percentuais da área ocupada por cada classe.

Conforme ressalta Santos (2004, p. 97), essas informações devem contemplar não apenas a situação atual, mas também as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área de estudo, permitindo análises espaço-temporais consistentes.

Nesse contexto, a distinção conceitual entre uso e cobertura da terra torna-se ainda mais relevante, pois uma mesma cobertura pode estar associada a diferentes formas de uso ao longo do tempo.

Tal condição revela padrões diferenciados de pressão antrópica, níveis de degradação ambiental e capacidades de resiliência ecológica da paisagem (Oliveira; Santos, 2013). Assim, a compreensão das dinâmicas territoriais exige o domínio preciso desses conceitos, frequentemente utilizados como sinônimos, mas que possuem significados distintos e complementares na análise geográfica.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cobertura da

terra refere-se à manifestação biofísica da superfície terrestre. Nesse sentido, o órgão define que:

Cobertura da terra é a expressão dos componentes biofísicos da superfície da Terra (vegetação, água, solo exposto, rochas e áreas construídas). É a porção da superfície terrestre que pode ser observada e descrita a partir de sua fisionomia, estrutura e constituição, independentemente do uso que lhe é dado pelo homem (IBGE, 2013, p. 25).

Por outro lado, diferentemente da cobertura, o uso da terra está intrinsecamente associado à ação antrópica e à finalidade econômica ou social atribuída a determinado espaço. Enquanto a cobertura representa o elemento físico, o uso corresponde à função desempenhada. Segundo o referencial metodológico nacional:

Uso da terra refere-se à finalidade socioeconômica atribuída a cada tipo de cobertura da terra. Representa a atividade humana que explora os recursos naturais e que, por meio de diferentes práticas de manejo, modifica a superfície terrestre para fins de produção, habitação, preservação ou recreação (IBGE, 2023, p. 12).

A relação entre essas categorias é, portanto, de mútua dependência, uma vez que “o uso da terra é o agente transformador da cobertura, sendo esta o substrato físico que suporta e evidencia as mudanças impostas pelo homem” (IBGE, 2013, p. 28).

Essa interação dinâmica é especialmente evidente no contexto amazônico, onde a conversão de formações florestais em áreas de pastagem, agricultura ou uso urbano altera significativamente os fluxos hidrológicos, os processos erosivos e a dinâmica biogeoquímica dos solos.

Conforme destacam Oliveira e Santos (2013, p. 25), “a conversão de florestas em pastagens altera radicalmente o balanço hídrico”, refletindo-se em variáveis como o aumento do escoamento superficial, a intensificação da sedimentação e a redução da recarga hídrica.

Tais mudanças comprometem a funcionalidade ecológica das bacias hidrográficas e ampliam a vulnerabilidade ambiental dos sistemas naturais.

Nesse sentido, a operacionalização dos conceitos de uso e cobertura da terra, por meio do monitoramento sistemático e do mapeamento temático, constitui um instrumento estratégico para a gestão pública e o planejamento territorial.

De acordo com os manuais técnicos, o mapeamento permite “quantificar as perdas de vegetação natural e o avanço das áreas antropizadas”, possibilitando a identificação de áreas críticas e subsidiando a formulação de políticas públicas voltadas à conservação ambiental e ao uso sustentável do território (IBGE, 2013, p. 34).

A conversão florestal interfere nos processos de interceptação da chuva, infiltração, escoamento superficial e transporte de sedimentos, alterando o balanço hídrico e a qualidade ambiental em diferentes escalas espaciais e temporais (Oliveira; Santos, 2013). Esses efeitos decorrem da intensificação progressiva das pressões antrópicas e da sobreposição de usos ao longo do tempo.

Nesse contexto, o monitoramento sistemático do uso e da cobertura da terra constitui elemento central para a análise espaço-temporal das transformações da paisagem.

O Projeto MapBiomass consolidou-se como base estratégica ao disponibilizar séries históricas anuais de uso e cobertura da terra desde 1985, em plataforma digital e resolução compatível com estudos regionais, permitindo identificar transições e tendências espaciais (MapBiomass, 2022, 2023). De forma complementar, o Projeto TerraClass qualifica os usos antrópicos em áreas desflorestadas da Amazônia Legal, reduzindo ambiguidades classificatórias e aprimorando a interpretação das trajetórias de ocupação (INPE, 2008, 2024).

Estudos recentes têm demonstrado a elevada eficácia das séries históricas de uso e cobertura da terra na seleção de anos-chave e na identificação de padrões de mudança espaço-temporal em diferentes escalas, o que reforça sua aplicabilidade em diagnósticos ambientais e na análise da dinâmica da paisagem (Luz; Galvêncio, 2023). Nesse contexto, tais séries constituem instrumentos fundamentais para a compreensão dos processos de transformação socioambiental, permitindo captar tanto tendências estruturais quanto variações emergentes no sistema paisagístico.

A leitura integrada do Mapa 5 (Uso e Cobertura da Terra – 1985) evidencia uma paisagem amplamente dominada pela Formação Florestal Nativa, configurando um sistema geoambiental com elevada integridade estrutural e baixa pressão antrópica.

Sob a perspectiva de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004/2010), essa configuração expressa a paisagem como um sistema econômico-social, no qual a base física da geodiversidade sustenta relações espaciais essenciais à reprodução das atividades humanas, ao mesmo tempo em que preserva elevada funcionalidade ecológica.

Por sua vez, o Mapa 6 (Uso e Cobertura da Terra – 1995) revela a emergência da classe Mosaico de Usos, especialmente associada aos corredores fluviais, indicando uma reorganização progressiva da paisagem.

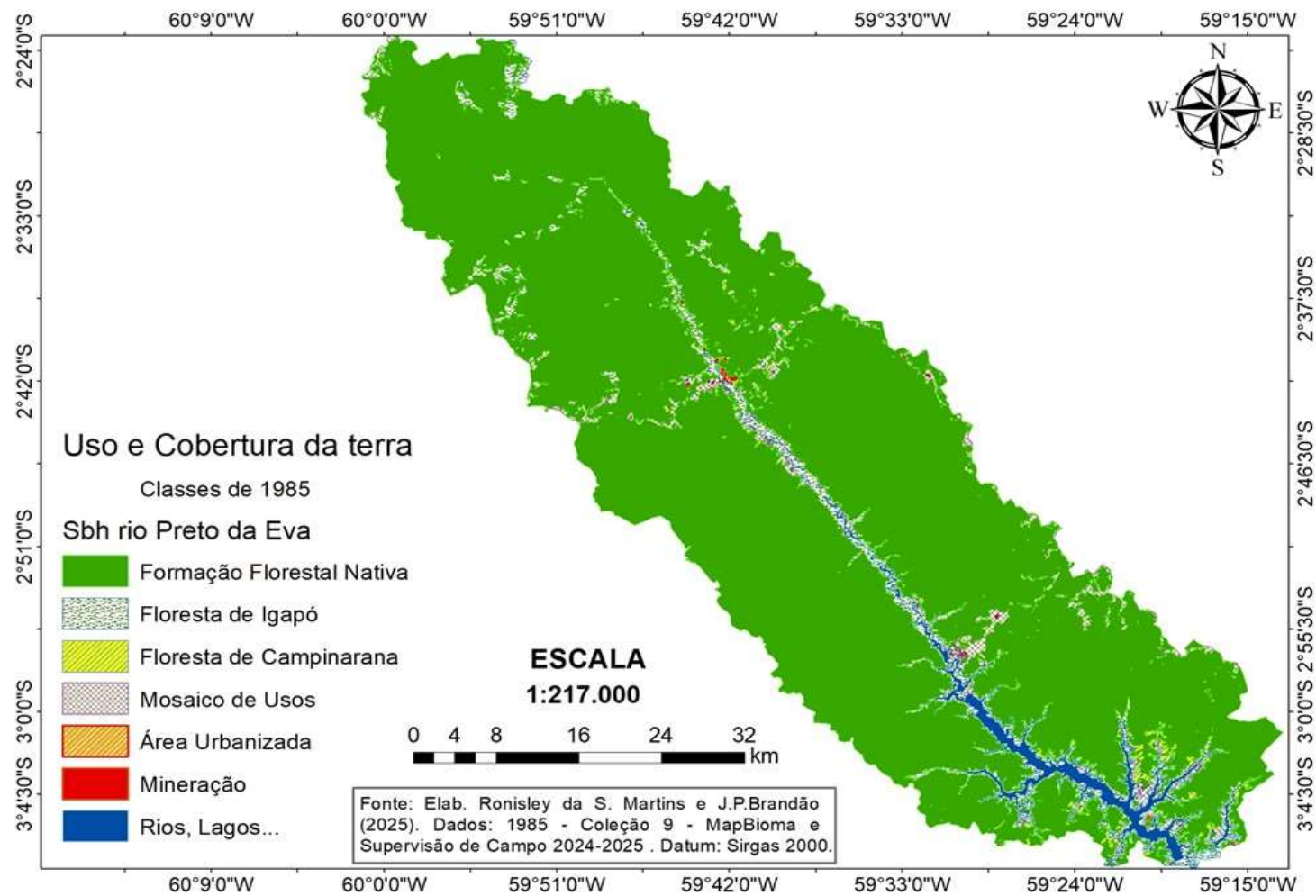
Esse padrão espacial expressa a intensificação da apropriação socioeconômica dos elementos da geodiversidade, que, conforme Kozłowski (2004), constitui a base material dos sistemas ambientais e condiciona as formas de uso, ocupação e conectividade espacial. Assim,

a paisagem passa a assumir, de modo mais evidente, sua condição de meio de vida e de suporte às atividades humanas.

No Mapa 7 (Uso e Cobertura da Terra – 2000), observa-se a consolidação dos vetores antrópicos e a intensificação da fragmentação florestal, configurando um cenário de maior heterogeneidade espacial. À luz da teoria dos sistemas complexos, essas transformações podem ser interpretadas como processos de retroalimentação positiva, nos quais pequenas intervenções iniciais desencadeiam mudanças cumulativas e não lineares, reconfigurando os fluxos ecológicos e as funções sistêmicas da paisagem (Morin, 2011).

A comparação entre os Mapas 5, 6 e 7 permite, portanto, interpretar a paisagem como um sistema aberto, dinâmico e adaptativo, estruturado por múltiplas escalas de interação entre geodiversidade e sociedade. Conforme argumenta Morin (2011), os sistemas complexos apresentam propriedades emergentes, nas quais o todo resulta de relações de interdependência entre componentes naturais e antrópicos, e não de uma simples soma de partes isoladas, o que se expressa espacialmente na reorganização progressiva da paisagem analisada.

Mapa 5: Uso e Cobertura da Terra – Classes de 1985



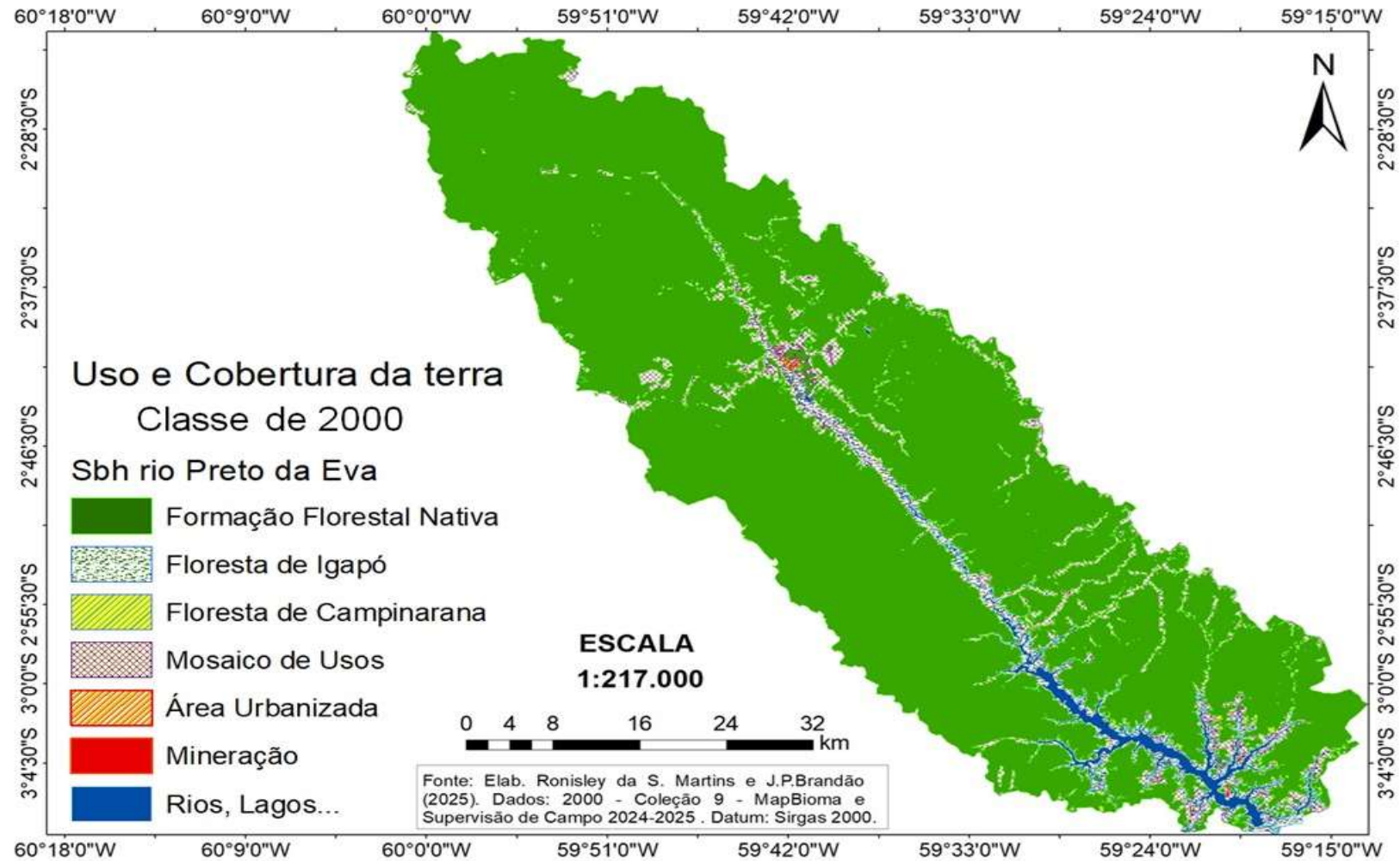
Fonte: Elaborado pelo autor R. da S. Martins e J. P. Brandão, 2025.

Mapa 6: Uso e Cobertura da Terra – Classe de 1995



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

Mapa 7: Uso e Cobertura da Terra – Classe de 2000



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

Do ponto de vista geomorfológico, as áreas de maior transformação concentram-se nos setores de menor declividade e maior acessibilidade hidrológica, padrão que, quando sistematizado por meio de matrizes de análise espacial, evidencia o papel estruturante da geodiversidade na organização da paisagem.

A utilização de matrizes possibilita correlacionar variáveis físicas, como relevo, solos e hidrografia, com classes de uso do solo, confirmando a proposição de Kozłowski (2004) de que esses elementos condicionam a capacidade funcional dos sistemas ambientais e orientam os processos de apropriação socioeconômica.

Nesse sentido, a fragmentação florestal observada entre 1995 e 2000, quando organizada em matrizes espaço-temporais, revela uma perda gradual de complexidade sistêmica, uma vez que a redução da continuidade espacial compromete a resiliência da paisagem enquanto sistema geoambiental.

Conforme argumenta Morin (2011), a simplificação estrutural tende a ampliar a vulnerabilidade dos sistemas, ao enfraquecer seus mecanismos de auto-organização e a capacidade de manutenção dos fluxos de matéria, energia e informação, aspecto que pode ser operacionalmente identificado por meio das relações matriciais entre classes de uso e processos ambientais.

Assim, a análise integrada dos Mapas 8, 9 e 10, associada à construção de matrizes de interação, permite compreender a sub-bacia do rio Preto da Eva como um sistema progressivamente antropizado, no qual se intensificam as interdependências entre processos físicos, biológicos e socioeconômicos. Essa abordagem confirma a concepção de paisagem como conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais, simultaneamente sistema de recursos, meio de vida e laboratório natural, conforme proposto por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004/2010), e reforça a pertinência da perspectiva da complexidade para a análise integrada da dinâmica socioambiental amazônica.

De forma complementar, as matrizes de interação constituem instrumentos metodológicos fundamentais na avaliação ambiental, ao possibilitarem a sistematização das relações entre ações humanas e componentes ambientais, favorecendo a identificação e a hierarquização dos impactos.

Nessa perspectiva, Finucci (2010) destaca que as matrizes permitem explicitar, de modo estruturado, as interações entre os fatores ambientais e os elementos dos projetos, sendo particularmente eficazes na identificação de impactos diretos, o que amplia a capacidade analítica e interpretativa dos dados cartográficos e das informações espaciais.

A matriz de interação destaca-se como método amplamente utilizado na avaliação de impactos ambientais, por estabelecer relações diretas entre ações humanas e fatores ambientais. Segundo Finucci (2010, p. 71), trata-se de “uma técnica que tem por objetivo identificar as interações entre os fatores ambientais e os componentes do projeto”, sendo especialmente eficiente na identificação de impactos diretos.

No âmbito da Geografia Física, a operacionalização dessas informações tem sido realizada por meio da construção de matrizes espaciais, que permitem relacionar classes de uso e cobertura da terra de forma sistemática e relacional. Essa abordagem possibilita identificar padrões espaciais de intervenção antrópica e avaliar seus efeitos cumulativos sobre os componentes naturais da paisagem, configurando-se como instrumento técnico relevante para o planejamento ambiental (Silva et al., 2020).

Conforme destaca Santos (2004), o emprego de sistemas de matrizes constitui prática recorrente na análise ambiental integrada.

Além de seu caráter analítico, a matriz atua como instrumento de síntese e comunicação dos resultados, evidenciando a importância relativa dos impactos identificados. A incorporação das redes da complexidade amplia essa perspectiva ao compreender a paisagem como um sistema aberto, dinâmico e não linear, estruturado por relações de interdependência, retroalimentação e recursividade.

Essa abordagem, fundamentada na teoria da complexidade, reconhece que os elementos naturais e antrópicos se organizam em redes de relações que estruturam padrões espaciais complexos (Morin, 2011; Costa, 2008).

Os nós da rede representam classes de uso e cobertura, enquanto as conexões expressam impactos e processos ambientais associados, possibilitando a análise de influências sistêmicas, graus de fragmentação e níveis de resiliência ecológica (Nascimento; Fernandes, 2017).

Assim, a articulação entre o uso do solo, a cobertura da terra, as matrizes de interação e as redes da complexidade fortalece a análise integrada da paisagem e subsidia a definição de áreas prioritárias para conservação, recuperação e gestão ambiental. Essa abordagem sistêmica revela-se compatível com a complexidade socioambiental da sub-bacia do rio Preto da Eva, oferecendo suporte técnico-científico consistente para o planejamento territorial e ambiental.

2.1 Matrizes e classes de uso, ocupação e cobertura da terra

A interpretação da paisagem na Matriz da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva fundamenta-se no uso da matriz de interação como instrumento analítico central, por sua capacidade de relacionar ações humanas e componentes ambientais de forma integrada. Conforme Finucci (2010, p. 71), trata-se de “uma técnica que tem por objetivo identificar as interações entre os fatores ambientais e os componentes do projeto”, o que justifica sua aplicação na leitura dos processos espaciais observados.

A **Matriz 1** evidencia que a Formação Florestal permanece como classe estrutural dominante, embora apresente retração progressiva nos cursos médio e inferior.

Matriz 1: Dinâmica das Classes e Condição da Paisagem (1985–2023)

Classes	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior	Tendência Geral	Relevância Sistêmica
Formação Florestal (3)	Alta, leve retração	Retração progressiva	Redução acentuada	Queda estrutural	Base da integridade ecológica; sua perda reduz resiliência
Floresta Alagável (6)	Estável	Instável	Fragmentada	Sensível	Indicador de alteração hidrológica
Campo Alagado (11)	Estável	Leve retração	Redução	Declínio	Marca mudanças no pulso de inundação
Formação Campestre (12)	Forte expansão	Expansão contínua	Maior crescimento	Crescimento dominante	Vetor de reorganização e regeneração secundária
Pastagem (15)	Residual	Pico e colapso	Expansão e colapso	Ciclo clássico	Indicador direto de pressão antrópica
Área Urbanizada (24)	Pontual	Expansiva	Consolidação	Crescimento localizado	Pressão concentrada de alto impacto
Mineração (30)	Ausente	Pontual	Pontual	Impacto localizado	Nó de instabilidade ambiental
Rios/Lagos (33)	Estáveis	Alterações leves	Alteração cumulativa	Mudança funcional	Indica assoreamento e alteração fluvial

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomias.

No curso superior, sua permanência associa-se às características geoambientais da Formação Alter do Chão, composta por intercalações de arenitos, argilitos e siltitos, com feldspatos alterados em caulinita (Ana, 2015, p. 50), além de solos frágeis e cobertura florestal densa, configurando área de Terra Firme, não sujeita à inundação anual (Oliveira, 2022).

Em contraste, no curso médio, a intensificação das atividades humanas, a abertura de

ramais e a influência da rodovia AM-010 promovem fragmentação ecológica, erosão, assoreamento e perda de biodiversidade, caracterizando uma zona de transição funcional.

Ainda segundo a **Matriz 1**, as classes Floresta Alagável e Campo Alagado apresentam elevada sensibilidade a distúrbios hidrológicos, com instabilidade no curso médio e fragmentação no curso inferior, indicando alterações no pulso de inundação e na dinâmica fluvial.

Esse comportamento reforça a compreensão da paisagem como sistema dinâmico, no qual, conforme Oliveira (2022, p. 71), “a análise da geodiversidade da fisionomia da paisagem de uma bacia de drenagem urbana remete à necessidade de reconhecimento e identificação das interações presentes”.

A Formação Campestre, por sua vez, destaca-se pela expansão acentuada, sobretudo após a década de 2010, substituindo áreas de pastagem e assumindo papel indicador de reorganização ecológica e sucessão secundária.

As classes de pressão, como Pastagem, Área Urbanizada e Mineração, descritas na **Matriz 1**, explicam os principais vetores de fragmentação territorial. A pastagem apresenta ciclo clássico de expansão, pico e retração, enquanto a urbanização e a mineração, ainda que espacialmente restritas, concentram efeitos negativos de alta intensidade, sobretudo nos cursos médio e inferior.

No curso inferior, a consolidação dessas pressões, associada à expansão urbana, à agropecuária e às atividades turísticas, reflete a acumulação de impactos ao longo do sistema fluvial, conforme já discutido por Christofolletti (1980) e Suguio (1993).

A análise quantitativa da condição da paisagem, mensurada pela **Matriz 2**, integra os efeitos das classes de uso e cobertura, permitindo avaliar a trajetória ambiental da unidade hidrográfica. Ao expressar a funcionalidade sistêmica dos cursos fluviais ao longo do tempo, esse instrumento identifica períodos de retração, recuperação e estabilidade, em estrita consonância com as transformações estruturais observadas anteriormente.

No curso superior, os valores do CPIGEOG permaneceram persistentemente elevados, sempre classificados na categoria “Excelente” (81–100 pontos). Em 1985, o índice registrava 99,02 pontos, reduzindo-se para 94,82 em 1995 (–4,20) e apresentando sua maior retração em 2000, quando atingiu 80,83 pontos (–13,99), ainda dentro da faixa de excelência.

Essa inflexão representa uma redução aproximada de 18,4% em relação ao valor inicial. Contudo, em 2005, observa-se recuperação expressiva para 93,80 pontos (+12,97), estabilizando-se até 2015 e encerrando 2023 com 90,79 pontos, o que corresponde a uma

perda acumulada de apenas 8,3% em quase quatro décadas. Tal comportamento ratifica o papel das cabeceiras como núcleos de estabilidade ecológica, sustentados pela dominância da cobertura florestal e pela integridade dos processos hidrológicos.

Matriz 2: Condição Sistêmica por Curso da Sub-bacia do rio Preto da Eva (1985–2023)

Curso	Ano	CPIG	Δ CPIG	Situação
Superior	1985	99,02	—	Excelente
	1995	94,82	−4,20	
	2000	80,83	−13,99	
	2005	93,80	+12,97	
	2010	93,62	−0,18	
	2015	93,62	0,00	
	2023	90,79	−2,83	
Médio	1985	100,06	—	Excelente
	1995	90,11	−9,95	
	2000	85,18	−4,93	
	2005	91,09	+5,91	
	2010	90,54	−0,55	
	2015	90,54	0,00	
	2023	87,53	−3,01	
Inferior	1985	97,89	—	Excelente
	1995	91,34	−6,55	
	2000	90,98	−0,36	
	2005	89,16	−1,82	
	2010	88,63	−0,53	
	2015	88,63	0,00	
	2023	84,78	−3,85	
Legenda: Δ CPIG: Variação do CPIG em relação ao período anterior. Pontuação CPIG: 81–100: Excelente; 61–80: Pouca degradação; 41–60: Degradação em recuperação; 21–40: Degradação preocupante e 0–20: Extremamente degradado.				

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomias e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

No curso superior, predominam altitudes elevadas e formações geológicas antigas, como a Formação Alter do Chão, composta por arenitos, argilitos e siltitos, com elevada presença de caulinita e solos frágeis (ANA, 2015). Trata-se de área de Terra Firme, não sujeita à inundação anual, com cobertura florestal densa e baixa ocupação humana, configurando-se como zona estratégica de conservação e manutenção da qualidade hídrica.

Predominam altitudes elevadas e formações geológicas antigas como a Alter do Chão,

com solos frágeis (latossolos e neossolos) e cobertura florestal densa.

Trata-se de uma área com baixa ocupação humana e alto valor ambiental. Essa formação do solo de Alter do Chão é descrita pela ANA (2015, p. 50) da seguinte forma:

A Formação Alter do Chão é composta por intercalações de arenitos, argilitos, siltitos e, subordinadamente conglomerados, predominantemente vermelhos. As camadas de granulação grosseira mostram composição ortoquartzítica a arcósica, com feldspatos frequentemente alterados para caulinita. Ocorrem frequentemente arenitos brancos caulínicos [...] (Ana, 2015, p. 50).

Oliveira (2022, p. 58) diz ainda que na formação de Alter do Chão a “unidade de Terra Firme não está sujeita à frequência anual de transbordamento das águas dos rios no período da cheia fluvial, sobre seus platôs. Possuem uma alta composição heterogênea e dominância de espécies florestais, além de palmeiras e cipós.

O curso médio apresenta maior variabilidade temporal. Em 1985, o CPIGEOG era de 100,06 pontos, reduzindo-se para 90,11 em 1995 (−9,95) e 85,18 em 2000 (−4,93), o que representa uma perda acumulada de aproximadamente 14,9% em quinze anos.

Em 2005, observa-se recuperação parcial para 91,09 pontos (+5,91), seguida de nova estabilização até 2015. Em 2023, o índice atinge 87,53 pontos, totalizando uma redução acumulada de 12,5% em relação ao valor inicial. Essas oscilações refletem a condição do curso médio como zona de transição funcional, na qual a intensificação das transformações do solo e a fragmentação florestal resultam em maior vulnerabilidade sistêmica.

O curso médio, por sua vez, caracteriza-se como compartimento de transição, com solos argilosos, cobertura vegetal mista e intensificação das atividades humanas, especialmente agricultura familiar, abertura de ramais e influência direta da rodovia AM-010. Essa combinação resulta em fragmentação ecológica, aumento dos impactos hidrológicos e maior densidade de conexões nas redes de complexidade, indicando elevada interação entre usos do solo e impactos ambientais, como erosão, assoreamento e perda de biodiversidade.

No curso inferior, registra-se a maior perda acumulada de funcionalidade. Em 1985, o CPIG era de 97,89 pontos, reduzindo-se para 91,34 em 1995 (−6,55) e 90,98 em 2000 (−0,36). A tendência declinante mantém-se em 2005 (89,16) e 2010 (88,63), permanecendo estável até 2015.

A **Matriz 2**, relacionada aos mapas e às classes, evidencia que embora todos os trechos mantenham classificação geral Excelente no período de 1985 a 2023, observa-se uma tendência de declínio progressivo do CPIG, sobretudo entre 1985 e 2000, seguida por fases de

recuperação parcial e novas oscilações. Esse comportamento indica que a paisagem apresenta uma dinâmica não linear, típica de sistemas complexos adaptativos, nos quais estabilidade e instabilidade coexistem em diferentes momentos da trajetória evolutiva.

Nesse sentido, os resultados da **Matriz 2** encontram correspondência direta com os padrões espaciais identificados nos Mapas 8, 9 e 10, que expressam a transição de uma paisagem amplamente dominada por formações florestais nativas, em 1985, para uma configuração progressivamente mais heterogênea em 1995 e 2000, marcada pela ampliação do Mosaico de Usos e pela intensificação da fragmentação florestal.

O decréscimo mais acentuado do CPIG em 2000, especialmente nos cursos superior e médio, reflete, portanto, o avanço das pressões antrópicas sobre a estrutura funcional da paisagem.

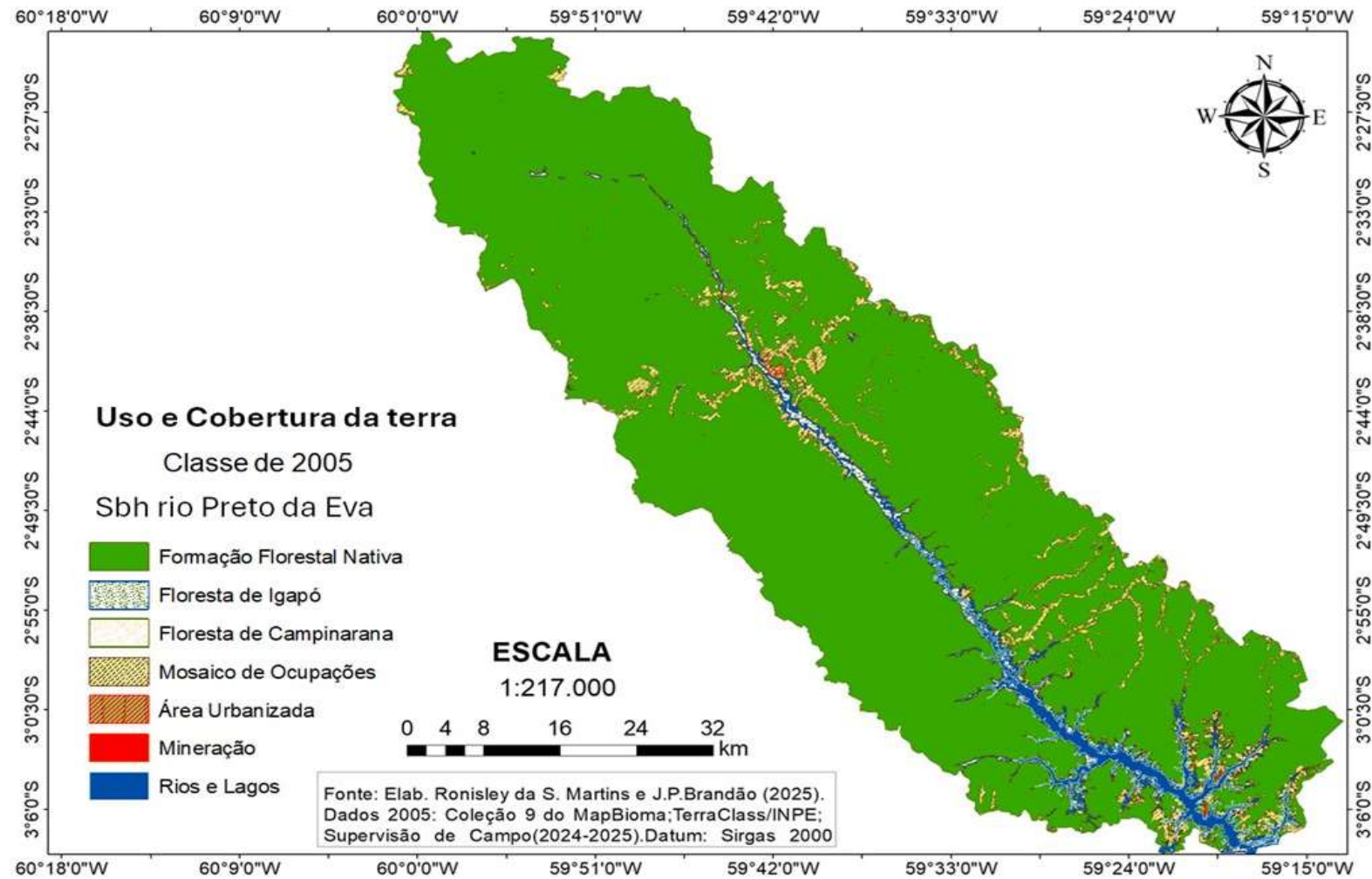
A partir de 2005, conforme indicado pela elevação dos valores do CPIG, os Mapas 11, 12 e 13 revelam um novo estágio da dinâmica espacial, caracterizado não apenas pela expansão dos usos antrópicos, mas sobretudo pela reorganização funcional da paisagem, com maior diversificação das classes de uso e intensificação das interações entre geodiversidade, processos ecológicos e atividades socioeconômicas.

Assim, enquanto os Mapas 8, 9 e 10 representam a fase inicial de ruptura da integridade sistêmica, os Mapas 11, 12 e 13 evidenciam a consolidação de um sistema paisagístico progressivamente mais complexo e adaptativo.

A análise do Mapa 11 (2005), articulada aos indicadores da Matriz Sistêmica, demonstra a manutenção do predomínio da Formação Florestal Nativa, embora já se observe maior dispersão espacial do Mosaico de Usos ao longo dos eixos hidrográficos. Esse padrão revela uma paisagem em processo de transição, na qual a geodiversidade continua estruturando a ocupação espacial, porém passa a ser progressivamente apropriada por dinâmicas produtivas, configurando uma nova lógica de organização do uso do solo.

Sob essa perspectiva, Kozłowski (2004) argumenta que a geodiversidade, expressa pela diversidade de relevo, materiais geológicos, solos e hidrografia, constitui a base física dos sistemas ambientais, influenciando diretamente os padrões de uso da terra. No contexto do Mapa 8, a concentração dos usos antrópicos em áreas de menor declividade confirma que os componentes abióticos funcionam como condicionantes estruturais da ocupação e da funcionalidade ecológica da paisagem.

Mapa 8: Classes de Uso e Cobertura da Terra de 2005



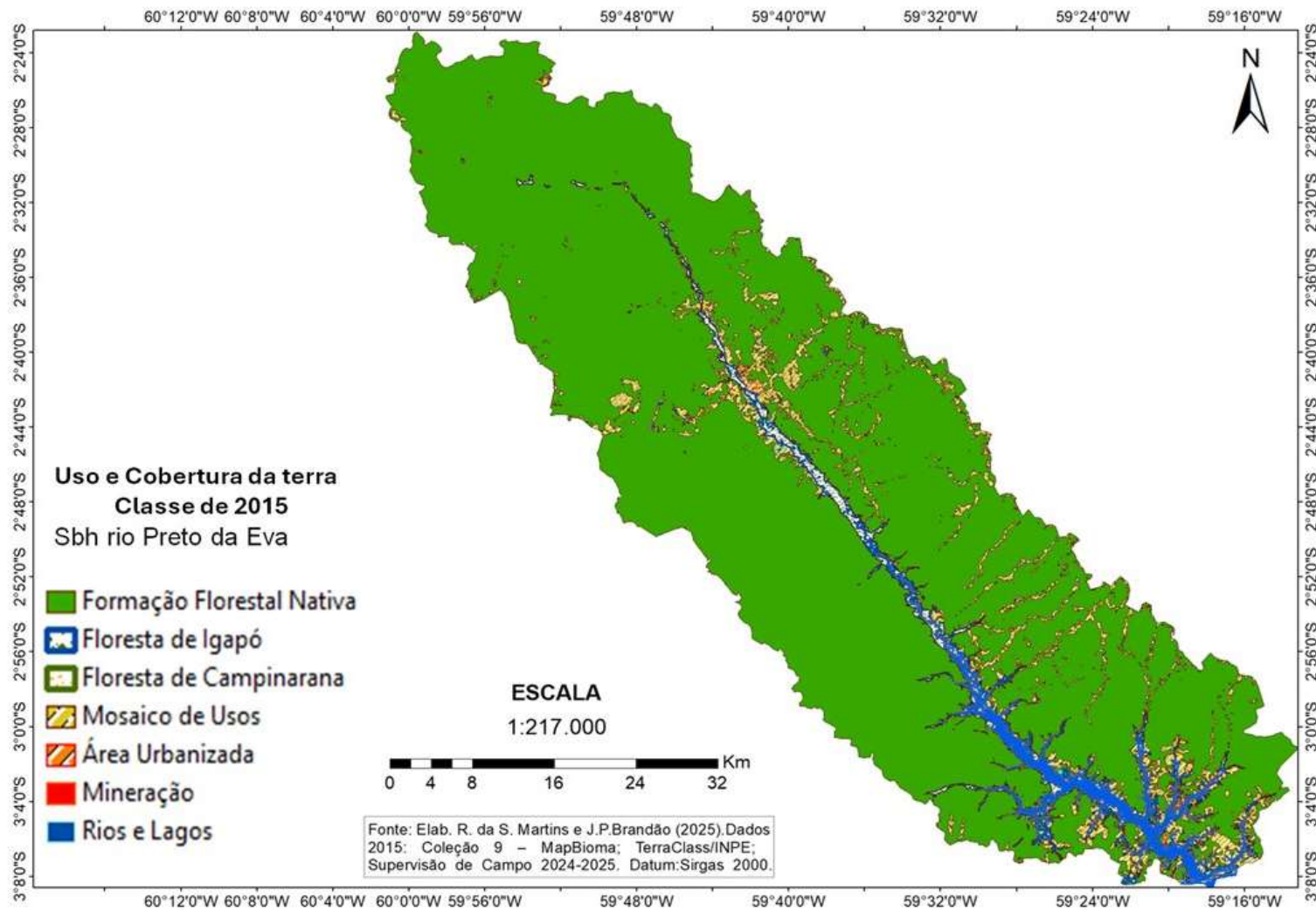
Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

Mapa 9: Cobertura e Uso da Terra – Classe de 2010



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

Mapa 10: Cobertura e Uso da Terra – Classe de 2015



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

Por sua vez, o Mapa 12 (2010) evidencia a ampliação das áreas classificadas como Mosaico de Usos e Área Urbanizada, sobretudo nas porções médias da sub-bacia, em consonância com as oscilações do CPIG. Esse avanço expressa a intensificação da pressão antrópica, na qual a paisagem passa a assumir, de forma mais evidente, sua condição de meio de vida e suporte às atividades produtivas, conforme a concepção de paisagem enquanto sistema econômico-social proposta por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2010).

A interpretação do Mapa 13 (2015) indica a consolidação de um padrão espacial mais fragmentado e heterogêneo, caracterizado por maior diversificação das classes de uso e intensificação das interações entre sistemas físicos, biológicos e sociais. Esse cenário sugere que a paisagem evolui para uma configuração estruturalmente mais complexa, na qual os processos se articulam de maneira não linear, produzindo arranjos espaciais emergentes, típicos de sistemas ambientais dinâmicos.

Nesse contexto, a comparação integrada entre os Mapas 11, 12 e 13, associada à Matriz Sistêmica, permite compreender a paisagem como um sistema aberto e adaptativo, cujas transformações resultam de múltiplas interdependências entre geodiversidade e ação humana. Conforme Morin (2011), sistemas complexos apresentam propriedades emergentes, nas quais pequenas alterações locais podem desencadear reconfigurações estruturais em escala regional, fenômeno que se expressa na progressiva antropização observada na sub-bacia.

Do ponto de vista geomorfológico, as áreas de maior transformação permanecem associadas aos setores de menor energia do relevo e maior acessibilidade hidrológica, evidenciando o papel estruturante da geodiversidade na organização espacial da paisagem. Esse padrão confirma que o relevo, os solos e a hidrografia funcionam como elementos reguladores da ocupação, definindo limites físicos e oportunidades para a intensificação do uso do solo.

Por fim, a fragmentação florestal intensificada entre 2005 e 2015 pode ser interpretada como um indicativo de perda gradual de complexidade sistêmica, uma vez que a redução da continuidade espacial compromete a resiliência ecológica da paisagem. Segundo Morin (2011), a simplificação estrutural tende a ampliar a vulnerabilidade dos sistemas, reduzindo sua capacidade de auto-organização e de manutenção dos fluxos de matéria, energia e informação.

Mapa 11: Classes de Uso e Cobertura da Terra de 2023



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

Em 2023, conforme o Mapa 14, o índice alcança 84,78 pontos, o que representa uma redução acumulada de aproximadamente 13,4% em relação ao valor inicial. Como área de acumulação dos impactos gerados a montante, esse compartimento manifesta progressiva perda de funcionalidade, associada à urbanização, à agropecuária e às alterações na dinâmica fluvial, conforme já indicado por Christofolletti (1980) e Suguio (1993).

Essa estratificação longitudinal favorece uma leitura mais precisa da funcionalidade ecológica do território, uma vez que, conforme destaca Oliveira (2022), a análise da geodiversidade da fisionomia da paisagem de uma bacia requer o reconhecimento das interações entre seus componentes físicos, biológicos e antrópicos.

No curso inferior, observa-se maior consolidação das pressões antrópicas, associadas à expansão urbana, à agropecuária e às atividades turísticas. A vegetação predominante é secundária, e os solos, embora profundos, encontram-se intensamente utilizados. Esse compartimento apresenta elevada densidade de conexões nas redes de complexidade, refletindo a intensificação dos impactos acumulados ao longo do sistema fluvial, conforme destacado por Christofolletti (1980) e Suguio (1993).

A integração entre os índices da Matriz 2, as matrizes de uso e cobertura e as redes de interações complexas confirma a importância de articular variáveis como uso do solo, cobertura vegetal, tipos de solo, geologia e práticas humanas, a fim de identificar padrões de interação, influência e transformação da paisagem (Mendonça, 2014, p. 79).

Essas matrizes possibilitam, ainda, a identificação de áreas críticas e estratégicas, tanto para conservação quanto para uso produtivo, subsidiando o planejamento territorial e a gestão integrada na sub-bacia do rio Preto da Eva.

Portanto, o curso médio apresenta um cenário de transição, com solos argilosos e cobertura vegetal mista (**Figura 5**), incluindo florestas aluviais e vegetação secundária. As atividades humanas se intensificam, especialmente a agricultura familiar, a abertura de ramais e a presença da rodovia AM-010.

Essa combinação tende a gerar fragmentação ecológica e aumento dos impactos hidrológicos. No curso inferior, há maior pressão antrópica associada à expansão urbana, à agropecuária e ao turismo. A vegetação predominante é secundária, e os solos, embora profundos, são altamente utilizados.

Essa área apresenta maior densidade de conexões nas redes de complexidade, indicando intensas interações entre os nós de uso e os impactos ambientais, como erosão, contaminação e perda de biodiversidade (Brandão, 2016, p. 32). De acordo com Pacheco

(2013, p. 165), “se tratando de solos, a erosão hídrica/pluvial é a responsável por grandes perdas no Brasil, aproximando-se de 2 a 2,5 bilhões/toneladas/ano”.

Figura 5: Curso Inferior – Floresta de Baixo



Fonte: Martins (2005).

A aplicação das redes da complexidade permite representar essas interações de forma visual e analítica. Como destacam Nascimento e Fernandes (2017, p. 170), as redes revelam estruturas de conectividade entre os sistemas naturais e antrópicos, permitindo diagnosticar áreas críticas e propor ações territoriais integradas. A densidade das redes reflete o nível de comprometimento ecológico e a necessidade de estratégias diferenciadas de gestão.

Tais abordagens são fundamentais para subsidiar o planejamento territorial e a gestão de bacias hidrográficas, pois tornam visíveis as conexões ocultas entre processos naturais e ações humanas. A compreensão da estrutura de uma rede permite entender a lógica sistêmica do território, com implicações diretas para a sustentabilidade local.

Desse modo, as matrizes e redes da complexidade construídas para a sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva revelam-se como uma abordagem metodológica consistente na análise das interações socioambientais, permitindo visualizar padrões, impactos e zonas críticas ao longo dos diferentes compartimentos fluviais.

A partir dessa base interpretativa, torna-se essencial detalhar as classes de uso, ocupação e cobertura da terra que devem ser mapeadas, uma vez que elas compõem os elementos estruturais dessas interações e são determinantes na modelagem da paisagem.

2.2 Dinâmica do uso e cobertura da terra por curso fluvial

A interpretação da dinâmica do uso e da cobertura da terra na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva foi fundamentada na leitura integrada das Matrizes 3, 4 e 5, que expressam, respectivamente, a distribuição percentual das classes nos cursos superior, médio e inferior ao longo dos períodos 1986–1995, 2000–2005, 2010–2015 e 2015–2023.

Essa abordagem permitiu compreender os processos de permanência, transição e reorganização funcional da paisagem, articulando os resultados empíricos com a perspectiva dos sistemas complexos, segundo a qual os territórios respondem de maneira não linear às pressões externas (Morin, 2011).

A **Matriz 3** demonstra que o curso superior da sub-bacia do rio Preto da Eva apresenta predominância estrutural da Formação Florestal, com média de 92,13% da área ao longo do período 1986–2023. Em 1986–1995, essa classe ocupava 96,10% da área, evidenciando elevada integridade ecológica.

Matriz 3: Curso Superior – estabilidade estrutural e resiliência ambiental

Código	Classe	86-95 Áreas %	00-05 Áreas %	10-15 Áreas %	15-23 Áreas %	Tendência
3	Formação Florestal	96,10	86,84	93,49	92,08	Conservação dominante
6	Floresta Alagável	0,80	0,46	0,11	0,11	Controle hidrológico
11	Campo Alagado	0,01	0,01	0,01	0,01	Baixa variação
12	Formação Campestre	0,04	0,01	6,18	7,59	Regeneração
15	Pastagem	0,93	3,74	0,21	0,21	Uso residual
24	Área Urbanizada	0,01	0,07	0,00	0,00	Pressão mínima
30	Mineração	0,00	0,00	0,00	0,01	Não significativa
33	Rios/Lagos	0,01	0,01	0,01	0,01	Estrutura permanente

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomas e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

Entre 2000 e 2005, observa-se uma inflexão significativa na dinâmica do curso superior, marcada pela redução da Formação Florestal para 86,84%, o que representa uma queda de 9,26 pontos percentuais em relação ao período 1986–1995. Essa retração esteve diretamente associada à expansão pontual da Pastagem (3,74%) e à abertura de áreas antrópicas, configurando, à luz da abordagem sistêmica, uma ruptura momentânea do

equilíbrio dinâmico (Christofoletti, 1980).

A partir de 2010, verifica-se uma recuperação parcial da cobertura florestal, que atinge 93,49% em 2010–2015 e se mantém em 92,08% em 2015–2023, indicando a reativação de mecanismos de resiliência do sistema. Paralelamente, ocorre o colapso das pastagens e a expansão progressiva da Formação Campestre, que alcança 7,59% da área no período mais recente, expressando processos de regeneração secundária e de reorganização funcional da paisagem.

O Mapa 12 – Curso Fluvial Superior (2010–2023) evidencia uma paisagem amplamente dominada pela Formação Florestal Nativa, com elevada continuidade espacial e mínima fragmentação, caracterizando um compartimento de cabeceira com baixa interferência antrópica. Essa configuração reflete uma fisionomia típica de florestas de terra firme, associadas a solos bem drenados e estabilidade estrutural elevada, conforme descrito por Ayres (2004).

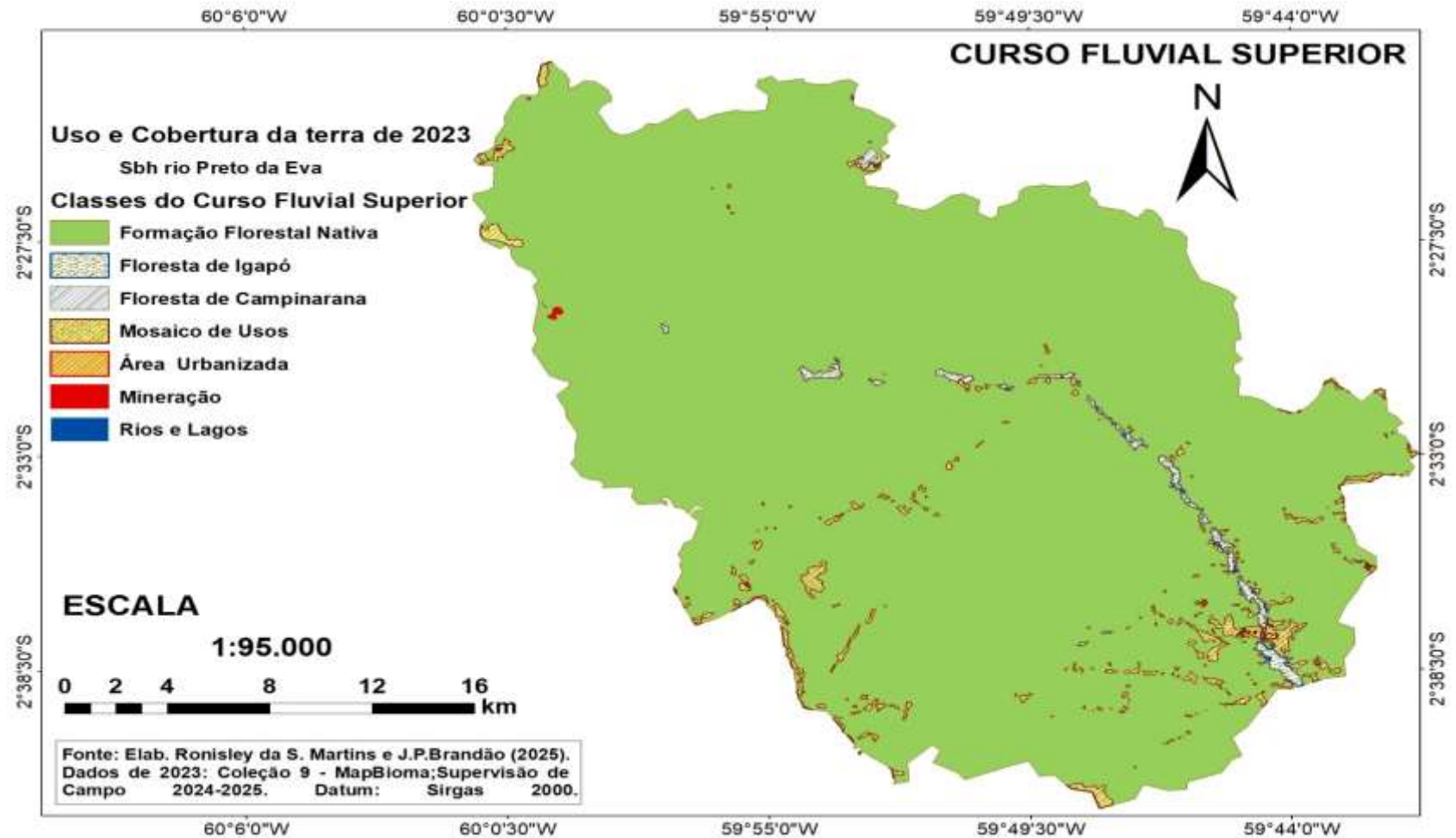
A presença pontual de Floresta de Igapó ao longo dos canais evidencia a influência direta do regime hidrológico na organização da vegetação, configurando mosaicos ecológicos controlados pela sazonalidade das cheias. Tais padrões reforçam a concepção de geodiversidade como base física da paisagem, na qual relevo e hidrografia condicionam os arranjos espaciais (Gray, 2010).

As classes Área Urbanizada e Mineração são praticamente inexistentes nesse compartimento, indicando baixa pressão socioeconômica. Esse padrão revela um sistema ambiental altamente resiliente, no qual predominam processos naturais de autorregulação, favorecendo a manutenção dos ciclos ecológicos e dos serviços ecossistêmicos associados à cobertura florestal contínua.

Sob a ótica dos sistemas complexos, o Curso Superior configura um sistema próximo ao equilíbrio dinâmico, com elevada capacidade de auto-organização e baixo nível de perturbação externa. Conforme Morin (2011), sistemas com forte integridade estrutural tendem a apresentar maior estabilidade funcional e menor vulnerabilidade frente a distúrbios ambientais.

A fisionomia da paisagem nesse setor é marcada por homogeneidade visual e estrutural, com predomínio do estrato arbóreo e elevada conectividade ecológica. Martins (2017) destaca que paisagens com esse perfil apresentam elevada eficiência sistêmica, uma vez que mantêm fluxos contínuos de matéria, energia e informação entre seus componentes naturais.

Mapa 12: Curso Fluvial Superior – 2023



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

A **Matriz 4** demonstra que o curso médio corresponde ao compartimento de maior dinamismo e complexidade funcional da sub-bacia do rio Preto da Eva. No período de 1986–1995, a Formação Florestal ocupava 89,96% da área, mas sofreu retração acentuada em 2000–2005, quando alcançou 85,30%, o que representa uma redução de 4,66 pontos percentuais. Embora apresente recuperação parcial em 2010–2015, com 90,05%, essa classe volta a declinar em 2015–2023, estabilizando-se em 88,57%, evidenciando um padrão de perda estrutural progressiva.

Matriz 4: Curso Médio – transição crítica e reorganização sistêmica

Cód.	Classe	85–95 Áreas %	00–05 Áreas %	10–15 Áreas %	15–23 Áreas %	Tendência
3	Formação Florestal	89,96	85,30	90,05	88,57	Perda progressiva
6	Floresta Alagável	2,42	1,30	0,18	0,16	Sensível
11	Campo Alagado	0,06	0,07	0,06	0,06	Alteração hidrológica
12	Formação Campestre	0,20	0,09	8,49	9,92	Regeneração secundária
15	Pastagem	2,78	7,35	0,98	0,99	Uso transitório
24	Área Urbanizada	0,11	0,33	0,00	0,06	Pressão concentrada
30	Mineração	0,00	0,00	0,00	0,00	Nó de instabilidade
33	Rios/Lagos	2,65	1,48	0,25	0,25	Impactos cumulativos

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomas e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

Concomitantemente, a Pastagem registrou seu pico de expansão em 2000–2005, alcançando 7,35% da área, em contraste com os 2,78% observados em 1986–1995. Esse crescimento reflete a intensificação das práticas agropecuárias, a abertura de ramais e a influência direta da rodovia AM-010, corroborando a interpretação de Mendonça (2014) de que o uso do solo atua como vetor de reorganização da paisagem.

O período de 2010–2015 marca uma ruptura sistêmica, caracterizada pelo colapso das pastagens (0,98%) e pela expansão expressiva da Formação Campestre, que salta de 0,09% em 2000–2005 para 8,49% em 2010–2015, consolidando-se em 9,92% em 2015–2023. Esse comportamento indica a ativação de processos de regeneração secundária e reorganização funcional, típicos de sistemas abertos e não lineares, nos quais a desordem pode desencadear

novas formas de organização da paisagem.

O Mapa 13 – Curso Fluvial Médio revela uma paisagem ainda predominantemente florestal, porém com maior presença do Mosaico de Usos, especialmente ao longo do eixo principal da drenagem. Esse padrão indica uma transição funcional, na qual os elementos naturais passam a coexistir com usos antrópicos de baixa e média intensidade.

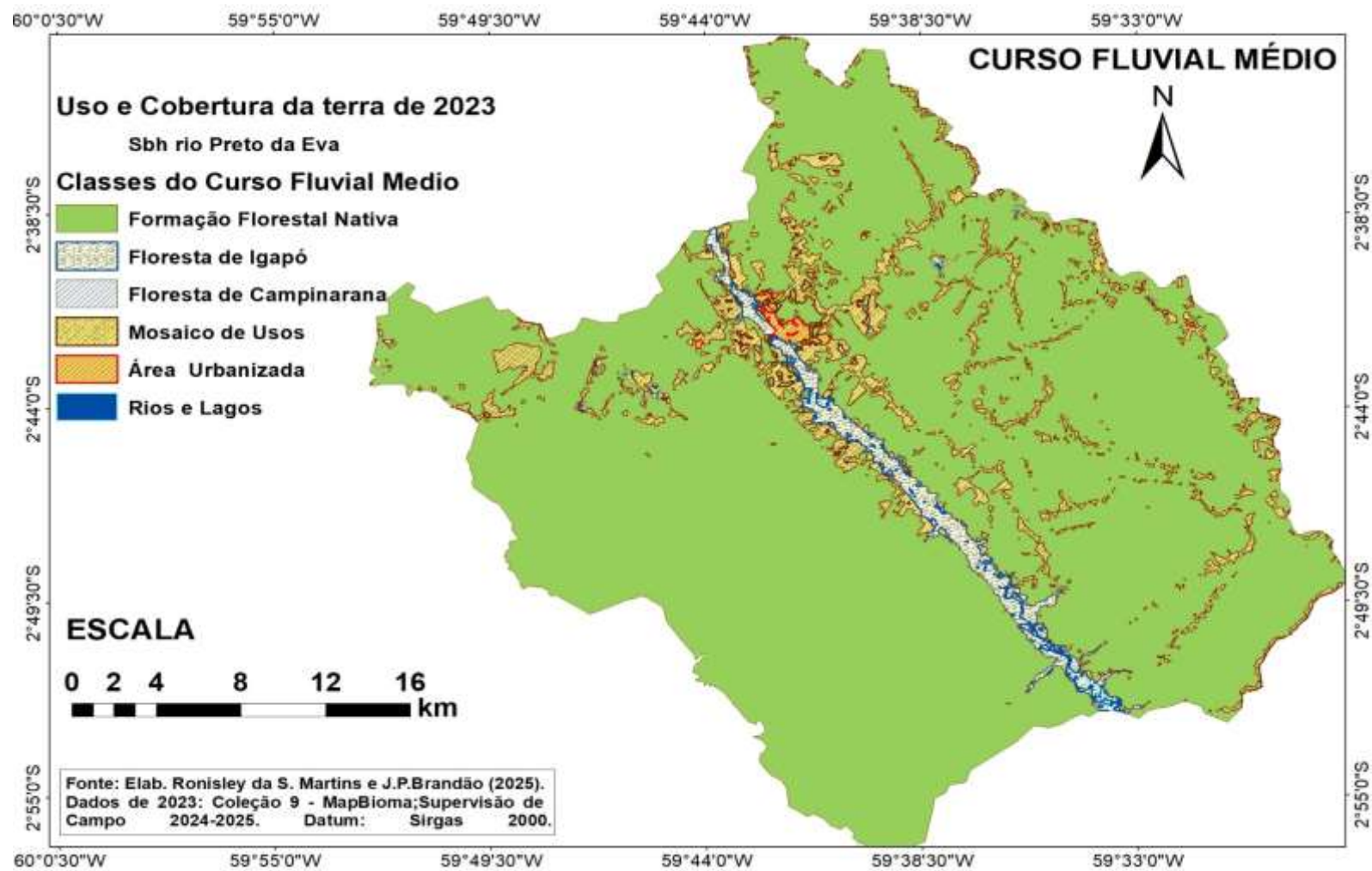
A distribuição espacial do Mosaico de Usos acompanha áreas de menor declividade e maior acessibilidade hidrológica, evidenciando o papel da geodiversidade na indução da ocupação humana. Segundo Gray (2004), zonas geomorfologicamente favoráveis tendem a concentrar maior diversidade de usos, ampliando a complexidade estrutural da paisagem.

A presença de pequenas manchas de Área Urbanizada sugere processos iniciais de adensamento populacional, associados a núcleos ribeirinhos e vias de acesso. Tais transformações configuram uma paisagem híbrida, na qual se intensificam as interações entre sistemas naturais e socioeconômicos.

Sob a perspectiva da ecologia da paisagem, esse compartimento apresenta aumento da fragmentação, porém ainda mantém níveis significativos de conectividade ecológica. Ayres (2004) ressalta que florestas submetidas a usos moderados podem conservar funções ecológicas essenciais, desde que a matriz florestal permaneça dominante.

Do ponto de vista sistêmico, o Curso Médio expressa um estado de reorganização adaptativa, típico de sistemas complexos em transição. Morin (2011) argumenta que tais sistemas apresentam comportamentos emergentes, nos quais novas estruturas espaciais surgem a partir da interação entre fatores físicos e sociais.

Mapa 13: Curso Fluvial Médio – 2023



Fonte: Elaborado por Martins e Brandão (2025).

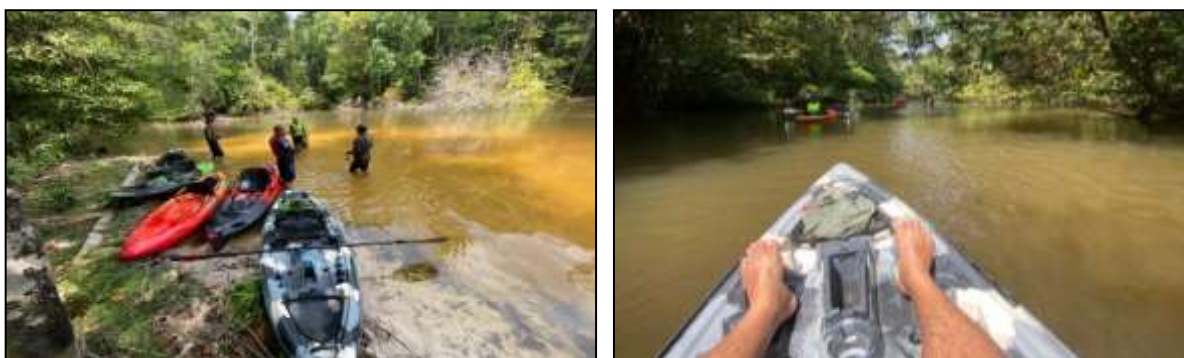
Esse comportamento indica abandono produtivo e ativação de mecanismos de sucessão ecológica, expressando respostas não lineares típicas de sistemas complexos (Morin, 2011). As áreas urbanizadas, embora percentualmente reduzidas, assumem relevância funcional por concentrarem fluxos, infraestrutura e pressões ambientais, como já observado por Barros (2021).

O curso médio da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva apresenta um mosaico de usos do solo que reflete a transição entre áreas naturais e zonas de expansão antrópica. A presença marcante da agricultura familiar nessa região demonstra a relevância socioeconômica da atividade, mas também impõe desafios ambientais significativos.

Como aponta Brandão (2016, p. 170), as práticas agrícolas intensivas, mesmo em pequena escala, contribuem para a compactação do solo e o uso frequente de agrotóxicos, o que compromete a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. “A ocorrência de consideráveis desmatamentos [...], são práticas que dão respostas negativas entre as quais, a erosão pluvial, principalmente nos limites das APP de nascentes e de rios.” (Brandão, 2016, p. 170).

As pastagens introduzidas em áreas de declividade moderada agravam os processos erosivos e a perda de cobertura vegetal, reduzindo a capacidade de infiltração e aumentando o escoamento superficial (Souza et al., 2020, p. 88).

Figura 6: Expedição Científica do Curso Fluvial Superior ao Curso Fluvial Médio



Fonte: Martins (2023).

Esse fenômeno acarreta maior pressão sobre as áreas marginais aos igarapés, favorecendo processos de assoreamento e degradação da mata ciliar, essenciais para a manutenção da qualidade da água e dos microclimas fluviais.

Por outro lado, a vegetação secundária observada em fragmentos do curso médio representa uma potencial zona de regeneração ecológica. Conforme descreve Lima (2017, p.

57), esses remanescentes florestais em regeneração podem favorecer a conectividade ecológica e promover a recuperação de serviços ecossistêmicos, como a regulação hídrica e o abrigo para espécies da fauna local.

O centro urbano de Rio Preto da Eva, localizado nesse trecho intermediário da sub-bacia, é responsável por significativos impactos ambientais. A impermeabilização do solo e a geração de esgoto não tratado alteram o ciclo hidrológico natural e incrementam a carga poluente nos cursos d'água (Ferreira e Nascimento, 2022, p. 173). Esses fatores agravam a vulnerabilidade dos igarapés urbanos, já submetidos a múltiplas pressões antrópicas.

A rodovia AM-010, que atravessa o curso médio, configura-se como vetor de ocupação e de fragmentação florestal. Segundo Barros (2021, p. 65), as estradas em regiões amazônicas frequentemente induzem o desmatamento lateral e a ocupação desordenada, enfraquecendo a conectividade entre habitats e intensificando a perda de biodiversidade.

As áreas de balneários e de extração mineral presentes no curso médio adicionam novos vetores de degradação à paisagem. O lançamento de efluentes em áreas de recreação, associado à retirada de areia e barro nos leitos dos igarapés, compromete a estabilidade das margens e a profundidade dos canais, afetando a fauna aquática e os micro-habitats (Martins, 2018, p. 119).

Esses fatores, concentrados ao longo de áreas sensíveis como margens de igarapés e zonas de transição florestal, alteram significativamente a dinâmica natural da bacia, com efeitos cumulativos que se estendem ao curso inferior. Conforme Christofletti (1980, p. 74), “o comportamento dos sistemas fluviais é condicionado tanto por sua estrutura física quanto pelas intervenções antrópicas ao longo de seu percurso”, o que se confirma na progressiva degradação observada nos trechos inferiores da bacia.

Essa matriz evidencia o agravamento das condições ambientais, com destaque para a intensificação do assoreamento, a contaminação do lençol freático e a perda de cobertura vegetal em áreas de várzea e entorno urbano.

Segundo Suguio (1993, p. 112), “a dinâmica sedimentar de planícies aluviais é extremamente sensível às alterações no uso do solo nas porções montantes do sistema”, reforçando a necessidade de análise integrada por compartimentos hidrográficos.

Souza et al. (2020, p. 89) ressaltam que “a degradação das pastagens favorece o carreamento de sedimentos e nutrientes, impactando diretamente os cursos d'água e suas zonas ripárias”. A persistência desse tipo de uso sem práticas conservacionistas representa um obstáculo à resiliência ambiental da bacia.

Oliveira (2022, p. 58) destaca: “A planície de inundação, por exemplo, é considerada um dos ambientes menos conhecidos do mundo e um dos mais ameaçados pela atividade humana”, o que reforça a urgência de ações de controle e mitigação, especialmente em áreas de várzea e margens de igarapés.

Conforme Barros (2021, p. 66), “a abordagem integrada da paisagem é fundamental para o ordenamento sustentável dos espaços amazônicos”, sobretudo quando articulada a métodos de geoprocessamento, sensoriamento remoto e análises multiescalares que permitam representar, com precisão, os padrões de uso da terra e suas implicações ambientais.

Conforme o IBGE (2019), o uso da terra deve ser analisado de forma articulada com os aspectos físicos e socioeconômicos da paisagem.

O emprego dessas matrizes possibilitou uma sistematização dos dados espaciais e qualitativos, facilitando a identificação de áreas críticas e o grau de comprometimento ambiental em diferentes compartimentos fluviais da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

A **Matriz 5** demonstra que o curso inferior concentra os maiores níveis de alteração estrutural da paisagem na sub-bacia do rio Preto da Eva. Em 1986–1995, a Formação Florestal ocupava 86,71% da área, reduzindo-se progressivamente para 79,87% em 2000–2005, 79,51% em 2010–2015 e 77,76% em 2015–2023, o que representa uma perda acumulada de 8,95 pontos percentuais ao longo da série histórica, evidenciando a intensificação das pressões antrópicas nesse compartimento.

Entre 1995 e 2005, a Pastagem apresentou seu maior valor, atingindo 9,04% da área, em contraste com os 2,73% observados em 1986–1995. Essa expansão confirma a consolidação de usos agropecuários em áreas ambientalmente sensíveis, sobretudo nas proximidades das margens fluviais e planícies de inundação. A partir de 2010, entretanto, verifica-se o colapso quase total dessa classe, que passa a representar apenas 0,06% da área, indicando abandono produtivo e reestruturação do uso do solo.

Matriz 5: Curso Inferior – acumulação de impactos e resposta tardia

Cód.	Classe	85–95 Áreas %	00–05 Áreas %	10–15 Áreas %	15–23 Áreas %	Tendência
3	Formação Florestal	86,71	79,87	79,51	77,76	Alta pressão
6	Floresta Alagável	2,42	2,86	2,02	1,92	Perda funcional
11	Campo Alagado	0,94	1,14	0,53	0,46	Alteração fluvial
12	Formação Campestre	1,36	0,83	11,26	13,14	Reorganização

15	Pastagem	2,73	9,04	0,06	0,06	Residual
24	Área Urbanizada	0,02	0,12	0,00	0,05	Urbanização
30	Mineração	0,02	0,06	0,07	0,07	Impacto localizado
33	Rios/Lagos	4,56	6,22	6,57	6,57	Assoreamento

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomas e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

De forma simultânea, observa-se a expansão expressiva da Formação Campestre, que salta de 0,83% em 2000–2005 para 11,26% em 2010–2015, consolidando-se em 13,14% em 2015–2023. Esse comportamento revela a ativação de processos de regeneração secundária e reorganização funcional da paisagem, caracterizando uma resposta adaptativa tardia do sistema, conforme o modelo de acumulação de impactos nos compartimentos inferiores descrito por Ross (2006) e Christofolletti (1980).

As classes associadas aos ambientes alagáveis e à rede de drenagem também apresentam variações relevantes. A Floresta Alagável reduz-se de 2,86% em 2000–2005 para 1,92% em 2015–2023, enquanto o Campo Alagado decresce de 1,14% para 0,46% no mesmo intervalo, indicando alterações no pulso de inundação e na dinâmica fluvial. Paralelamente, a classe Rios/Lagos aumenta de 4,56% para 6,57%, refletindo processos de assoreamento e reconfiguração morfológica do sistema de drenagem, conforme destacado por Suguio e Bigarella (1990).

O Mapa 14 – Curso Fluvial Inferior (2010–2023), que compreende o trecho tríplice entre os municípios de Rio Preto da Eva, Manaus e Itacoatiara, evidencia uma paisagem fortemente fragmentada, caracterizada pela ampla expansão do Mosaico de Usos, intensificação das Áreas Urbanizadas e ocorrência pontual de Mineração, sobretudo nas proximidades da rede hidrográfica principal e dos corpos lacustres. Esse compartimento espacial configura-se como o setor de maior complexidade socioambiental da sub-bacia, em razão da convergência de fluxos populacionais, logísticos e econômicos.

Entende-se por fisionomia da paisagem o conjunto de características visuais, estruturais e funcionais que expressam a organização espacial dos elementos naturais e antrópicos, refletindo os processos históricos, ecológicos e socioeconômicos que atuam sobre determinado recorte espacial. No Curso Fluvial Inferior, essa fisionomia é marcada pela predominância de formas de uso intensivo, com elevada heterogeneidade estrutural e forte disrupção da continuidade florestal (Martins, 2017; Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2010).

O padrão observado revela elevada pressão antrópica e redução significativa da

integridade ecológica, sobretudo no setor de influência direta de Itacoatiara, onde se concentram as maiores taxas de urbanização, infraestrutura logística, atividades portuárias e fluxos econômicos regionais. Esse município configura-se, portanto, como o principal polo indutor das transformações espaciais no Curso Inferior, ampliando a intensidade dos impactos sobre os sistemas naturais.

Do ponto de vista da geodiversidade, a fragmentação compromete a integridade dos componentes abióticos fundamentais à funcionalidade da paisagem, como relevo, solos e dinâmica hidrológica. Gray (2010) e Kozłowski (2004) ressaltam que a perda de geodiversidade implica redução da capacidade de suporte dos sistemas ambientais, afetando diretamente os fluxos ecológicos, a estabilidade morfodinâmica e a provisão de serviços ecossistêmicos.

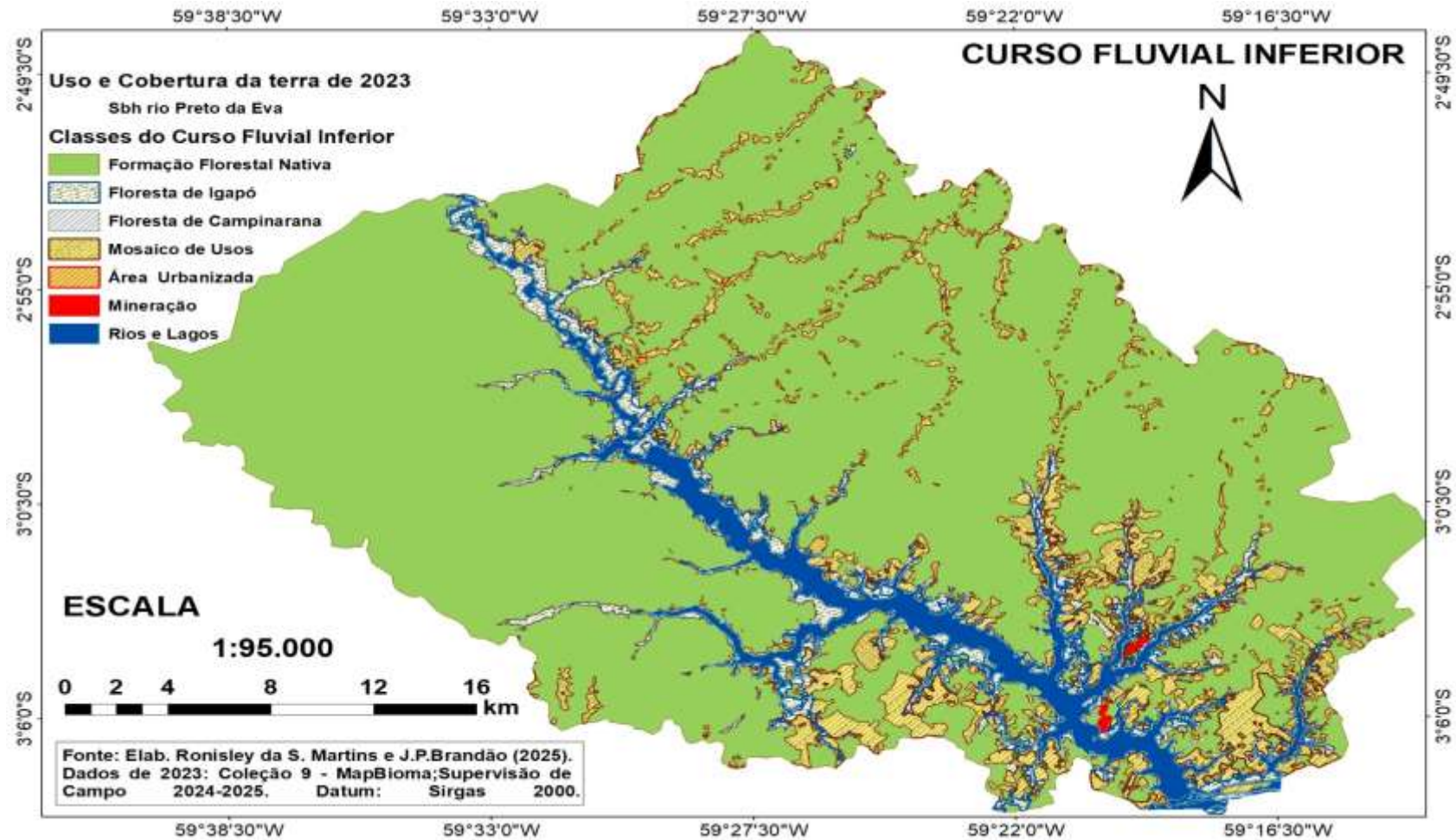
A concentração da expansão urbana ao longo das margens fluviais reforça a centralidade da hidrografia como eixo estruturador da ocupação, especialmente no eixo Manaus–Itacoatiara, no qual a paisagem fluvial é intensamente apropriada para transporte, pesca, abastecimento e atividades industriais. Essa lógica de ocupação intensifica processos erosivos, assoreamento e poluição hídrica, comprometendo a qualidade ambiental dos sistemas aquáticos.

Sob a ótica dos sistemas complexos, o Curso Fluvial Inferior representa um sistema distante do equilíbrio, no qual predominam processos de retroalimentação negativa, aumento da entropia e perda progressiva de resiliência. Conforme Morin (2011), sistemas submetidos à simplificação estrutural e à intensificação das pressões externas tendem a perder capacidade adaptativa, tornando-se mais suscetíveis a colapsos funcionais e degradação cumulativa.

Nesse contexto, a fisionomia da paisagem do Curso Inferior expressa uma configuração emergente típica de sistemas complexos sob forte pressão socioeconômica, na qual se intensificam interações não lineares entre fatores físicos, biológicos e sociais. A diversidade visual observada não representa necessariamente complexidade ecológica, mas sim uma complexidade degradada, caracterizada por fragmentação, instabilidade e baixa eficiência sistêmica (Morin, 2011; Martins, 2017).

O Curso Fluvial Inferior, especialmente no espaço de influência de Itacoatiara, configura-se como o setor mais crítico da sub-bacia do rio Preto da Eva, onde a intensificação das dinâmicas urbanas, logísticas e produtivas compromete a integridade estrutural da paisagem.

Mapa 14: Curso Fluvial Inferior – 2023



Fonte:Elaborado por Martins e Brandão (2025).

A leitura articulada das Matrizes 3, 4 e 5, relacionadas aos Mapas 15, 16 e 17, confirma, portanto, a existência de um gradiente funcional fluvial na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, no qual o curso superior atua como área de estabilidade e conservação, o curso médio como zona de transição e reorganização, e o curso inferior como espaço de acumulação dos impactos socioambientais.

O padrão recorrente de expansão, pico e colapso das pastagens, seguido pela emergência da Formação Campestre como classe estruturante a partir de 2010, evidencia respostas não lineares e mecanismos de resiliência do sistema, em consonância com a Teoria dos Sistemas Complexos (Morin, 2011).

Esses resultados corroboram os pressupostos da Análise Integrada da Paisagem ao demonstrar que a dinâmica territorial resulta da interação contínua entre elementos físicos, biológicos e socioeconômicos (Mendonça, 2014), fornecendo subsídios para a construção das redes da complexidade (Martins, 2017).

2.3 Redes da complexidade da paisagem por compartimento fluvial

A interpretação das redes da complexidade construídas para a sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva possibilita compreender a paisagem como um sistema aberto, dinâmico e não linear, no qual o uso e a ocupação do solo, a cobertura da terra, os processos naturais e as ações antrópicas se articulam por meio de relações de interdependência, retroalimentação e reorganização funcional. Essa abordagem supera leituras lineares ao evidenciar que os efeitos das transformações territoriais não permanecem restritos a áreas isoladas, mas se propagam ao longo do gradiente fluvial (Morin, 2005).

No campo da análise espacial, a representação dessas interações ocorre por meio de grafos. Segundo Martinelli (2014, p. 115), o grafo consiste no conjunto de nós que compõem uma rede geográfica, estruturada por linhas que conectam pontos, de modo semelhante a um mapa de circulação.

Para Martinho (2011), toda rede é formada por dois elementos fundamentais: os nodos e as conexões. Ainda que apresentem configurações distintas, os diagramas de rede são sempre constituídos por pontos que representam os nodos e por linhas que indicam a existência de vínculos ou relações entre eles.

Essa perspectiva tem sido aplicada à análise de redes geográficas e complexas. Martins (2017) adota tal abordagem para interpretar a dinâmica da agricultura familiar por meio das trilhas culturais de deslocamento, compreendendo as interações espaciais e seus

reflexos na organização do espaço e da temporalidade. Nesse sentido, as redes não se limitam à dimensão física, mas incorporam fluxos sociais, produtivos e simbólicos que estruturam a paisagem.

As Matrizes 6, 7 e 8 operacionalizam essa leitura ao traduzirem as classes de uso e cobertura da terra em nós e os processos ambientais e sociais em arestas, possibilitando a identificação de padrões de conectividade, centralidade e acúmulo de impactos. Essa estrutura relacional confirma que a paisagem não é apenas a soma de seus componentes, mas o resultado das interações contínuas entre fatores físicos, biológicos e sociais, conforme defendem Morin (2011) e Ross (2006).

A análise conjunta dessas matrizes demonstra que a dinâmica da sub-bacia não pode ser explicada exclusivamente pela variação das classes, mas, sobretudo, pelas interações (arestas) que estruturam a funcionalidade sistêmica da paisagem. Essas arestas expressam processos físicos, ecológicos e antrópicos que operam como vetores de propagação de impactos, reorganização e retroalimentação ao longo do sistema fluvial (Martinho, 2011).

Nessa perspectiva, as redes organizam-se também por meio das trilhas culturais de deslocamento, conectando nodos relacionados ao sistema de produção rural, ao núcleo familiar, às influências sociais, à participação religiosa e cultural e às transações com os centros urbanos, além das práticas de subsistência (Martins, 2017, p. 171).

No curso superior, representado pela Matriz 6, predominam interações associadas à dinâmica hídrica (A), à estabilidade geomorfológica (C) e à conectividade ecológica (F), articuladas pela centralidade da Formação Florestal. Essas arestas asseguram a proteção dos solos (B), a manutenção da biodiversidade (E) e a resiliência ecológica (J), revelando que a estabilidade sistêmica depende, sobretudo, da qualidade das interações estabelecidas, e não apenas da extensão da cobertura florestal.

Partindo desses pressupostos e da transposição metodológica para a análise espacial, Brandão (2016) elaborou uma rede baseada em dados quantitativos e tipologias de atividades inseridas em trilhas culturais, agregando interações e relações entre diferentes elementos por meio de códigos alfanuméricos que representam os processos interativos.

A interpretação da **Matriz 6** evidencia que o curso superior da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva se estrutura como um sistema ambiental de alta resiliência, no qual a paisagem é organizada por uma rede de interações entre classes de uso e cobertura da terra e processos naturais.

Matriz 6: Rede do Curso Superior da Sub-bacia do Rio Preto da Eva (1985–2023)

Classe de Uso do Solo / Infraestrutura (NÓ)	Impactos Potenciais ao Longo do Tempo	Interações com Elementos Naturais (ARESTAS)	Descrição da Interação (Dinâmica Temporal)	Relações Sistêmicas da Rede
Formação Florestal	Alta estabilidade ecológica (1985–1995); leve pressão pontual (2000–2005); recuperação funcional (2010–2023)	A, B, C, D, E, F, H, J	A – Proteção hídrica contínua; B – Solos frágeis protegidos; C – Estabilidade geomorfológica; D – Regulação microclimática; E – Manutenção da biodiversidade; F – Conectividade ecológica; H – Regulação sedimentar; J – Resiliência sistêmica	Nó estrutural dominante e regulador do sistema
Floresta Alagável	Estável em todos os períodos	A, C, H	A – Amortecimento de cheias; C – Estabilidade de margens; H – Trocas água-sedimento	Nó complementar associado à dinâmica fluvial
Campo Alagado	Baixa variação, alta sensibilidade	A, H, K	A – Dependência do pulso de inundação; H – Sedimentação fina; K – Sensibilidade climática	Nó periférico, porém indicador ambiental
Formação Campestre	Emergente pós-2010	B, D, F, J	B – Regeneração sobre solos expostos; D – Reorganização microclimática; F – Reconexão ecológica parcial; J – Resposta adaptativa	Nó de reorganização ecológica
Pastagem	Expansão pontual (2000–2005); colapso pós-2010	B, G, H, L	B – Compactação do solo; G – Escoamento superficial; H – Aporte sedimentar; L – Pressão antrópica transitória	Nó instável e não resiliente
Área Urbanizada	Residual	G, I	G – Impermeabilização localizada; I – Pressão sanitária pontual	Nó de baixa centralidade
Mineração	Inexistente	—	—	Não configurada como nó
Rios/Lagos	Estáveis	A, H, M	A – Transporte de energia; H – Integração hidrossedimentar; M – Conectividade longitudinal	Nó estruturador do sistema

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomas e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

Essa configuração confirma a concepção da paisagem como um sistema aberto, dinâmico e interdependente, no qual a funcionalidade resulta menos da presença isolada dos elementos e mais da qualidade das conexões que os articulam (Morin, 2011).

A Formação Florestal assume posição de nó estrutural dominante na rede, conectando-se a múltiplas arestas associadas à dinâmica hídrica (A), à proteção dos solos (B), à estabilidade geomorfológica (C), à regulação microclimática (D), à biodiversidade (E), à conectividade ecológica (F), aos processos hidrossedimentológicos (H) e à resiliência ecológica (J).

Essa elevada centralidade demonstra que a integridade funcional do curso superior depende da manutenção dessas interações sistêmicas, corroborando a abordagem integrada da paisagem proposta por Ross (2006), segundo a qual os compartimentos fluviais de cabeceira desempenham papel regulador sobre toda a bacia.

A estabilidade temporal da Formação Florestal entre 1985 e 1995, seguida por uma leve pressão entre 2000 e 2005 e posterior recuperação funcional, evidencia a capacidade de amortecimento e reorganização do sistema frente a distúrbios pontuais. Conforme Christofolletti (1999), os sistemas ambientais se mantêm por meio de fluxos e retroalimentações, e a preservação dessas conexões assegura a continuidade dos processos hidrológicos e geomorfológicos.

A Floresta Alagável e os Rios/Lagos configuram-se como nós complementares e estruturadores da rede, conectando-se principalmente às arestas de dinâmica hídrica (A), estabilidade de margens (C) e integração hidrossedimentar (H). Esses elementos atuam como amortecedores naturais de cheias e variações hidrológicas, reforçando a conectividade longitudinal (M) e a regulação dos fluxos de energia e sedimentos, conforme destacado por Ross (2006) na análise integrada de sistemas fluviais.

O Campo Alagado, embora apresente baixa variação espacial, revela elevada sensibilidade, conectando-se às arestas associadas ao pulso de inundação (A), à sedimentação fina (H) e à sensibilidade climática (K). Sua posição periférica, porém indicadora, reforça seu papel como marcador de alterações hidrológicas, evidenciando como mudanças sutis na dinâmica fluvial podem desencadear respostas sistêmicas.

A Pastagem, ainda que residual no curso superior, constitui um nó instável e não resiliente, sobretudo no período de 2000–2005, quando se conecta às arestas de compactação do solo (B), escoamento superficial (G), aporte sedimentar (H) e pressão antrópica transitória (L). Essa reorganização temporária da rede demonstra como distúrbios localizados podem gerar efeitos em cascata, rompendo conexões ecológicas e intensificando fluxos erosivos. Como ressalta Pacheco (2013), a supressão da vegetação justafluvial intensifica a erosão e o assoreamento, comprometendo a sustentabilidade das atividades produtivas.

A partir de 2010, a Formação Campestre emerge como nó de reorganização ecológica, conectando-se às arestas de regeneração sobre solos expostos (B), reorganização microclimática (D), reconexão ecológica parcial (F) e resposta adaptativa (J). Essa transição revela mecanismos de auto-organização da paisagem, nos quais a vegetação secundária atua como elo crítico entre áreas degradadas e remanescentes conservados.

Conforme Martinho (2011), os pontos e linhas de uma rede expressam conexões entre espaços e processos, sendo a regeneração vegetal elemento estratégico para a reconexão sistêmica.

A Área Urbanizada, embora residual, conecta-se às arestas de impermeabilização localizada (G) e pressão sanitária pontual (I), configurando um nó de baixa centralidade, mas com potencial de amplificação de impactos se expandida. A Mineração, por sua vez, não se configura como nó na rede, refletindo a ausência de influência sistêmica relevante nesse compartimento.

Os resultados demonstrados na rede evidenciam que o curso superior da sub-bacia opera como núcleo regulador da funcionalidade sistêmica, no qual a resiliência decorre da forte conectividade entre processos naturais e cobertura florestal. Essa configuração confirma os pressupostos da Teoria dos Sistemas Complexos, segundo a qual a organização emerge da articulação entre ordem, distúrbio e reorganização (Morin, 2011), evidenciando que a estabilidade da paisagem depende da preservação das interações que estruturam a rede ecológica.

A leitura da **Matriz 7** revela que o curso médio da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva configura-se como o compartimento de maior instabilidade sistêmica e densidade relacional da rede. Diferentemente do curso superior, onde predominam interações reguladoras, este trecho apresenta uma rede marcada por forte presença de arestas degradantes, associadas à compactação do solo, intensificação do escoamento superficial, sedimentação e fragmentação ecológica, caracterizando-o como zona de transição funcional entre estabilidade e colapso.

Matriz 7: Curso Médio da Sub-bacia do rio Preto da Eva (1985–2023)

Classe de Uso do Solo / Infraestrutura (NÓ)	Impactos Potenciais ao Longo do Tempo	Interações (ARESTAS)	Descrição da Interação (Dinâmica Temporal)	Relações Sistêmicas da Rede
Formação Florestal	Retração progressiva (1985–2005); fragmentação (2005–2023)	A, B, C, E, F, H	A – Redução da proteção hídrica; B – Exposição de solos; C – Instabilidade de margens; E – Perda de biodiversidade; F – Fragmentação; H – Assoreamento	Nó estrutural em perda de centralidade
Floresta Alagável	Sensível às alterações a montante	A, H, K	A – Alteração do pulso de cheias; H – Sedimentação crescente; K – Sensibilidade climática	Nó vulnerável

Campo Alagado	Redução funcional gradual	A, H	A – Alteração hidrológica; H – Sedimentação	Nó de resposta fluvial
Formação Campestre	Forte expansão pós-2010	B, D, F, J	B – Regeneração parcial; D – Reorganização microclimática; F – Conectividade fragmentada; J – Auto-organização	Nó emergente dominante
Pastagem	Expansão intensa (1995–2005); colapso (2005–2010)	B, G, H, L	B – Compactação; G – Escoamento elevado; H – Assoreamento; L – Pressão produtiva	Nó crítico do sistema
Área Urbanizada	Expansão contínua	G, I, M	G – Impermeabilização; I – Efluentes; M – Concentração de fluxos	Nó concentrador de impactos
Mineração	Pontual	B, H	B – Exposição do solo; H – Turbidez hídrica	Nó local de instabilidade
Rios/Lagos	Acúmulo de impactos	A, H, M	A – Propagação longitudinal; H – Sedimentação cumulativa; M – Integração sistêmica	Nó transmissor

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomas e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

A Formação Florestal, embora ainda relevante, perde centralidade progressivamente, à medida que se conecta a arestas associadas à exposição de solos (B), instabilidade de margens (C), perda de biodiversidade (E), fragmentação ecológica (F) e assoreamento (H). Essa retração estrutural confirma que a funcionalidade ecológica do curso médio depende diretamente da integridade das interações florestais, corroborando a abordagem de Ross (2006), segundo a qual a perda de conectividade compromete a regulação dos sistemas fluviais.

A Floresta Alagável e o Campo Alagado revelam elevada vulnerabilidade às alterações a montante, conectando-se às arestas de alteração do pulso de cheias (A), sedimentação (H) e sensibilidade climática (K). Esses nós expressam respostas fluviais diretas às transformações do uso do solo, reforçando a compreensão de que os impactos não se limitam a áreas pontuais, mas se propagam longitudinalmente ao longo da bacia (SUGUIO, 1993).

A Pastagem destaca-se como nó crítico do sistema, apresentando elevada centralidade negativa, sobretudo entre 1995 e 2005. Suas conexões com compactação do solo (B), escoamento superficial (G), assoreamento (H) e pressão produtiva (L) revelam como esse uso desencadeia processos de degradação em cascata, conforme observado por Souza et al. (2020), ao destacarem que pastagens degradadas intensificam a erosão e reduzem a funcionalidade ecológica.

A agricultura familiar, predominante nesse compartimento, reforça esse padrão de

vulnerabilidade. Conforme Pacheco (2013), a retirada da vegetação nas faixas justafluviais intensifica o carreamento de sedimentos e contaminantes, afetando diretamente a qualidade da água e a sustentabilidade produtiva. Essas interações demonstram que a rede do curso médio opera sob forte pressão, com retroalimentações negativas que ampliam os impactos.

Nesse contexto, a Formação Campestre emerge como nó dominante após 2010, conectando-se às arestas de regeneração parcial (B), reorganização microclimática (D), conectividade fragmentada (F) e auto-organização (J). Essa transição expressa um processo adaptativo não linear, no qual a desordem gera novas formas de organização, conforme os pressupostos da Teoria dos Sistemas Complexos (Morin, 2011).

As Áreas Urbanizadas e a infraestrutura viária intensificam as arestas de impermeabilização (G), efluentes (I) e concentração de fluxos (M), atuando como vetores de propagação de impactos. Embora espacialmente restritas, essas classes ampliam a conectividade entre processos degradantes, acelerando a fragmentação ecológica. Segundo Martins (2018), as rodovias funcionam como barreiras físicas ao deslocamento de espécies e como indutoras da ocupação desordenada.

A Mineração, ainda que pontual, conecta-se às arestas de exposição do solo (B) e turbidez hídrica (H), configurando um nó local de instabilidade, com forte potencial de desorganização funcional. Já os Rios/Lagos, ao acumularem impactos, conectam-se às arestas de propagação longitudinal (A), sedimentação cumulativa (H) e integração sistêmica (M), funcionando como nó transmissor das pressões oriundas das porções montantes da bacia.

Em síntese, a **Matriz 7** confirma que o curso médio representa o núcleo de transição e reorganização da paisagem, no qual as interações degradantes e adaptativas coexistem em permanente tensão. Essa configuração expressa a lógica das redes complexas, nas quais a organização depende da regulação das interações e da capacidade conectiva dos agentes (Martinho, 2011; Morin, 2011), evidenciando que a funcionalidade da paisagem é resultado direto da estrutura relacional que a sustenta.

No curso inferior, representado pela **Matriz 8**, a rede expressa o maior grau de fragilidade sistêmica da sub-bacia, configurando-se como o compartimento no qual os impactos acumulados a montante se manifestam com maior intensidade e persistência. A Formação Florestal, que nos trechos superiores atuava como nó estruturador, perde progressivamente suas conexões, refletindo um colapso funcional do sistema, com forte associação às arestas de fragilidade edáfica (B), instabilidade de margens (C), perda de biodiversidade (E), fragmentação severa (F) e assoreamento (H).

A Formação Florestal perde conexões, refletindo colapso funcional. Esse padrão confirma que os compartimentos inferiores acumulam os impactos a montante, conforme já indicado por Christofolletti (1980) e Suguio (1993).

Matriz 8: Curso Inferior da Sub-bacia do rio Preto da Eva (1985–2023)

Classe de Uso do Solo / Infraestrutura (NÓ)	Impactos Potenciais ao Longo do Tempo	Interações (ARESTAS)	Descrição da Interação (Dinâmica Temporal)	Relações Sistêmicas da Rede
Formação Florestal	Forte retração (1985–1995); colapso funcional	A, B, C, E, F, H	A – Perda da proteção hídrica; B – Fragilidade edáfica; C – Instabilidade de margens; E – Perda de biodiversidade; F – Fragmentação severa; H – Assoreamento	Nó estrutural colapsado
Floresta Alagável	Alta vulnerabilidade	A, H, K	A – Alteração do pulso de inundação; H – Sedimentação excessiva; K – Sensibilidade climática	Nó frágil
Campo Alagado	Redução e fragmentação	A, H	A – Alteração fluvial; H – Sedimentação	Nó indicador de degradação
Formação Campestre	Expansão tardia (pós-2010)	B, D, F, J	B – Regeneração sobre solos degradados; D – Reorganização microclimática; F – Reconexão parcial; J – Resposta adaptativa	Nó dominante pós-impacto
Pastagem	Pico (1995–2005); colapso abrupto	B, G, H, L	B – Compactação extrema; G – Escoamento elevado; H – Assoreamento; L – Pressão histórica	Nó crítico extinto
Área Urbanizada	Consolidação	G, I, M, N	G – Impermeabilização; I – Efluentes; M – Concentração populacional; N – Pressão sobre APP	Nó de alta pressão
Mineração	Impacto localizado	B, H, N	B – Exposição sedimentar; H – Turbidez; N – Conflito com APP	Nó pontual de instabilidade
Rios/Lagos	Acúmulo máximo de impactos	A, H, M	A – Convergência de fluxos; H – Deposição sedimentar; M – Integração final	Nó terminal do sistema

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos dados e informações das bases cartográficas extraídas do MapBiomas e da Carta de Protocolo de Inventário Geográfico.

A Floresta Alagável e o Campo Alagado assumem condição de nós frágeis e altamente vulneráveis, conectando-se às arestas de alteração do pulso de inundação (A), sedimentação excessiva (H) e sensibilidade climática (K). Esses padrões confirmam que as planícies aluviais respondem de forma imediata às transformações ocorridas a montante, reforçando o argumento de Suguio (1993) sobre a extrema sensibilidade da dinâmica sedimentar às mudanças no uso do solo.

Os Rios/Lagos passam a ocupar a posição de nó terminal do sistema, conectando-se às arestas de convergência de fluxos (A), deposição sedimentar (H) e integração final (M). Essa

centralidade indica que o curso inferior funciona como espaço de acumulação máxima de impactos hidrossedimentológicos, em consonância com a interpretação de Christofolletti (1980), segundo a qual os compartimentos fluviais inferiores concentram os efeitos das intervenções ocorridas a montante.

A Pastagem, que apresentou pico entre 1995 e 2005, conecta-se às arestas de compactação extrema (B), escoamento elevado (G), assoreamento (H) e pressão histórica (L), mas sofre colapso abrupto, configurando-se como nó crítico extinto. Esse padrão expressa o esgotamento da capacidade produtiva e ecológica do sistema, com consequências diretas para a estabilidade hidrológica e para a qualidade ambiental.

A Formação Campestre, por sua vez, emerge de forma tardia após 2010, associando-se às arestas de regeneração sobre solos degradados (B), reorganização microclimática (D), reconexão ecológica parcial (F) e resposta adaptativa (J). Embora não represente plena recuperação, sua expansão indica a ativação de mecanismos de auto-organização, coerentes com a noção de resiliência ecológica e reorganização funcional em sistemas complexos (Morin, 2011).

As Áreas Urbanizadas e a Mineração configuram-se como nós de alta pressão, conectando-se às arestas de impermeabilização (G), efluentes (I), concentração populacional (M) e conflitos com APPs (N). Mesmo quando espacialmente restritos, esses usos ampliam a conectividade entre processos degradantes, intensificando a poluição difusa, o assoreamento e a fragmentação dos habitats, conforme discutem Souza e Andrade (2019).

A elevada centralidade dos nós associados aos ambientes aquáticos evidencia que, mais do que unidades isoladas, eles funcionam como vetores de transmissão de impactos ao longo do sistema. Conforme Franco (2012), os nodos somente configuram redes quando articulados por arestas capazes de expressar fluxos e interações. Nesse sentido, a Análise de Redes Sociais contribui para compreender a paisagem como um sistema relacional dinâmico, e não como uma soma estática de classes.

A leitura integrada das Matrizes 6, 7 e 8 confirma a existência de um gradiente funcional fluvial, no qual o curso superior atua como núcleo de estabilidade, o curso médio como zona de transição crítica e o curso inferior como espaço de acumulação e resposta tardia aos impactos socioambientais. Esse padrão reforça a necessidade de análises multiescalares e sistêmicas, conforme já indicado por Christofolletti (1980).

As redes demonstram, ainda, a inseparabilidade entre fatores físicos e sociais, uma vez que as transformações na cobertura da terra, os usos produtivos e a infraestrutura atuam

conjuntamente na reorganização da paisagem. Para Morin (2005), compreender a realidade exige reconhecer as interações que a constituem, e, nesse sentido, as matrizes tornam visível a complexidade subjacente à paisagem amazônica.

Como observa Martinho (2011), as redes descrevem estruturas organizacionais formadas por múltiplos elementos interligados, cuja capacidade conectiva depende das circunstâncias históricas, da posição relativa dos nós e da densidade das interações. Essa lógica explica por que a reorganização da paisagem não ocorre de forma linear, mas por meio de ciclos de degradação, colapso e reestruturação.

Por fim, a presença de vegetação secundária assume papel estratégico na reconexão ecológica. Conforme Lima (2017), esses remanescentes funcionam como elos entre áreas degradadas e fragmentos conservados, reforçando a resiliência do sistema.

Todavia, quando a agricultura familiar e as pastagens são manejadas sem critérios conservacionistas, intensificam a compactação do solo, a contaminação hídrica e a fragmentação de habitats (Souza; Andrade, 2019; Souza et al., 2020), ampliando as pressões sobre as matas ciliares e os ambientes fluviais.

A leitura integrada das Matrizes 6, 7 e 8 evidencia que o uso e a ocupação do solo e a cobertura da terra, quando analisados de forma relacional, estruturam redes de interações que organizam a dinâmica da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva como um sistema complexo, aberto e não linear.

As classes de uso e cobertura da terra, representadas como nós, e as interações entre elas, expressas pelas arestas, demonstram que a paisagem não resulta da soma de componentes isolados, mas do conjunto de relações que os conectam (Morin, 2005; Morin, 2011).

No curso superior (Matriz 6), o uso e a ocupação do solo mantêm-se pouco alterados, com predominância da Formação Florestal, que sustenta a cobertura da terra e organiza a rede por meio de interações reguladoras associadas à proteção hídrica, estabilidade geomorfológica, conectividade ecológica e regulação microclimática.

Essas interações asseguram a funcionalidade sistêmica, configurando esse compartimento como núcleo de estabilidade ambiental, em consonância com a abordagem integrada da paisagem proposta por Ross (2006).

As classes Floresta Alagável e Rios/Lagos, ainda no curso superior, reforçam a integridade hidrossedimentar por meio de interações associadas ao amortecimento de cheias, à estabilidade das margens e às trocas água-sedimento. Essas conexões demonstram que a

cobertura da terra atua como elemento estruturante da dinâmica fluvial, regulando fluxos de matéria e energia ao longo do sistema, conforme indicado por Suguio e Bigarella (1990).

No curso médio (Matriz 7), o uso e a ocupação do solo passam a exercer maior pressão sobre a cobertura da terra, com retração progressiva da Formação Florestal e expansão histórica da Pastagem.

Essas classes assumem centralidade nas redes por meio de interações negativas associadas à compactação do solo, aumento do escoamento superficial e intensificação do assoreamento. Segundo Souza *et al.* (2020, p. 88), pastagens degradadas “intensificam processos erosivos”, o que explica a instabilidade funcional desse compartimento.

A Formação Campestre, emergente após 2010, reorganiza parcialmente a rede ao estabelecer interações de regeneração, reconexão ecológica e reorganização microclimática. Esse comportamento expressa mecanismos de sucessão ecológica e respostas não lineares do sistema, nos quais a desordem gerada pelo uso do solo desencadeia novas formas de organização da cobertura da terra (Morin, 2011).

No curso inferior (Matriz 8), a intensificação do uso e da ocupação do solo compromete severamente a cobertura da terra. A Formação Florestal perde conexões, refletindo colapso funcional, enquanto classes associadas a Rios/Lagos e ambientes alagáveis concentram interações hidrossedimentológicas. Conforme Christofolletti (1980), os compartimentos inferiores acumulam os efeitos das intervenções a montante, condição reforçada por Suguio e Bigarella (1990), ao afirmarem que a dinâmica sedimentar é extremamente sensível às alterações no uso do solo.

A comparação entre as três matrizes confirma a existência de um gradiente funcional fluvial, no qual o uso e a ocupação do solo se intensificam do curso superior para o inferior, enquanto a cobertura da terra perde capacidade reguladora. Esse padrão evidencia que as classes não operam isoladamente, mas por meio de interações que se propagam ao longo da rede, reorganizando continuamente a paisagem.

As arestas, portanto, constituem o eixo explicativo central da dinâmica territorial, pois expressam como as transformações do uso e da ocupação do solo se convertem em processos ecológicos e geomorfológicos que reconfiguram a cobertura da terra. Como destaca Morin (2005, p. 36), “os efeitos não permanecem locais”, mas se difundem pelo sistema, alterando sua estrutura e funcionalidade.

Dessa forma, as Matrizes 6, 7 e 8 demonstram que a paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva se organiza como um tecido relacional, no qual classes de

uso e cobertura da terra e suas interações determinam padrões de estabilidade, transição e acumulação de impactos, oferecendo base conceitual e metodológica sólida para o planejamento e a gestão integrada do território.

2.4 Matrizes e redes para a conservação dos recursos hídricos

A aplicação integrada de matrizes analíticas e redes de interações complexas permitiu qualificar a relação entre uso e ocupação do solo, cobertura da terra e funcionamento dos sistemas hídricos na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Diferentemente de abordagens descritivas, esse modelo evidenciou como os impactos não se restringem a áreas pontuais, mas se propagam ao longo do sistema fluvial por meio de relações de interdependência, retroalimentação e reorganização funcional, afetando a disponibilidade e a qualidade da água.

A conservação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas amazônicas requer uma abordagem integrada e multiescalar, capaz de articular as dimensões ecológicas, sociais e legais que estruturam a paisagem.

Nesse contexto, o emprego de matrizes de análise e redes de interações complexas mostrou-se um recurso metodológico eficaz para compreender as relações entre uso e ocupação do solo, cobertura da terra, pressões antrópicas e a integridade dos sistemas hídricos.

Conforme destaca Tucci (2002, p. 37), “a gestão dos recursos hídricos exige a articulação entre instrumentos legais, conhecimento técnico-científico e participação social para garantir a sustentabilidade ambiental das bacias”.

As matrizes temáticas possibilitaram associar cada classe de uso do solo aos processos que comprometem os corpos hídricos, como erosão, assoreamento, contaminação e perda de conectividade ripária. Em especial, pastagens, agricultura e áreas urbanizadas apresentaram forte correlação com a degradação das margens e a intensificação do escoamento superficial, confirmando que a pressão antrópica atua como vetor estruturante dos desequilíbrios hidrossedimentológicos, conforme já apontado por Tucci (2002).

De acordo com Xavier (2024), “a análise matricial possibilita hierarquizar áreas críticas e orientar estratégias de intervenção com base em critérios técnicos”, o que amplia a capacidade de planejamento territorial e de definição de ações mitigadoras.

A incorporação das redes de interações complexas ampliou a interpretação desses resultados ao demonstrar que os impactos se organizam em cadeias de processos, nas quais

um distúrbio local pode desencadear efeitos sistêmicos em outros compartimentos. Esse comportamento confirma que a conservação dos recursos hídricos depende menos do controle isolado de usos e mais da regulação das interações entre classes, processos e fluxos, conforme os pressupostos da complexidade (Morin, 2011).

Nesse contexto, a **Matriz 9**, denominada “Indicação Legal do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva”, desempenhou papel estratégico ao articular os resultados ambientais às exigências normativas. A sistematização do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e da Resolução CONAMA nº 303/2002 permitiu identificar áreas onde o uso da terra se encontra em desacordo com a legislação, especialmente em Áreas de Preservação Permanente e zonas de recarga hídrica.

Matriz 9: Indicação Legal do Uso e Ocupação do Solo da Sub-bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva

INSTRUMENTO LEGAL	TIPO / ABRANGÊNCIA	DISPOSITIVO LEGAL (ARTIGOS / TÍTULOS RELEVANTES)	APLICAÇÃO NA SUB-BACIA DO RIO PRETO DA EVA
Lei Federal nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal)	Federal	Art. 4º (APPs), Art. 61-A (Regularização Ambiental)	Regula áreas de preservação permanente (APP) ao longo dos cursos d’água, inclusive igarapés, além de exigir reserva legal nas propriedades
Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente)	Federal	Art. 2º (Princípios), Art. 9º (Instrumentos)	Fundamenta o licenciamento ambiental e o zoneamento ecológico-econômico (ZEE)
Resolução CONAMA nº 303/2002	Federal	Define limites mínimos de APP em margens de rios e nascentes	Garante proteção de margens fluviais e olhos d’água na sub-bacia
Lei Federal nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais)	Federal	Art. 38 e 48	Penaliza desmatamento e uso irregular do solo em áreas de preservação e nas margens de corpos hídricos
Lei Complementar nº 140/2011	Federal	Art. 9º e 14	Define competência de gestão ambiental entre União, Estados e Municípios
Decreto Federal nº 4.297/2002	Federal	Institui o ZEE como instrumento de gestão territorial	Base para o planejamento ambiental e uso do solo em bacias hidrográficas
Lei Estadual nº 3.785/2012 (ZEE do Amazonas)	Estadual (AM)	Título III – Cap. I (Critérios de uso do solo)	Estabelece diretrizes específicas para uso sustentável do solo em regiões da Amazônia, inclusive áreas de várzea e terra firme
Lei Orgânica do Município de Rio Preto da Eva	Municipal	Título III – Do Meio Ambiente	Estabelece regras para a proteção de nascentes, igarapés, uso urbano e rural do solo
Plano Diretor Participativo de Rio Preto da Eva	Municipal	Macrozoneamento e áreas de expansão	Define áreas urbanas, rurais e de preservação; direciona políticas públicas de infraestrutura e habitação

(em revisão)			
Lei nº 11.977/2009 (Regularização Fundiária Urbana)	Federal	Art. 46 (Reurb)	Apoia regularização de áreas ocupadas irregularmente, especialmente na zona urbana da sub-bacia
Decreto Estadual nº 41.799/2020 (SNUC no Amazonas)	Estadual (AM)	Regulamenta Unidades de Conservação estaduais	Incide sobre áreas protegidas inseridas na bacia (quando houver sobreposição)
Portaria do INCRA nº 981/2021	Federal	Regularização e uso dos Projetos de Assentamento	Regula ocupações rurais e produtivas em áreas como o PA Iporá dentro da sub-bacia
Lei Federal nº 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos)	Federal	Art. 1º e 6º	Define a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e estabelece diretrizes para gestão integrada

Fonte: Elaborado por Martins (2025).

A leitura integrada da **Matriz 9** com as redes de interações complexas evidenciou zonas críticas de conflito na Sub-bacia Hidrográfica do rio Preto da Eva, onde a sobreposição entre ocupação antrópica e restrições legais compromete a proteção dos cursos d'água e de suas áreas de influência. Essas áreas configuram pontos estratégicos para a implementação de ações prioritárias de restauração florestal, regularização ambiental e reordenamento territorial, reforçando a centralidade da dimensão jurídica como elemento estruturante da conservação hídrica.

A combinação entre dados espaciais, indicadores de impacto e referenciais normativos constituiu uma base técnica consistente para subsidiar políticas públicas e ações de gestão. Conforme Jacobi (2003), a efetividade da governança ambiental depende da articulação entre informação qualificada, instrumentos legais e participação social, condição indispensável para a proteção dos recursos hídricos em bacias sob forte pressão antrópica.

Dessa forma, as matrizes e redes não apenas qualificaram os processos de degradação, mas também orientaram estratégias de intervenção, ao indicar onde, como e por que os fluxos ambientais estão sendo comprometidos. Essa abordagem fortalece o planejamento integrado da sub-bacia, ao reconhecer que a conservação da água está diretamente vinculada à organização do território e à gestão das interações entre sociedade e natureza.

Os resultados obtidos apontam caminhos viáveis para a gestão participativa e adaptativa, contribuindo para a elaboração de planos, programas e projetos mais eficazes. Esses avanços metodológicos e aplicados serão detalhados no próximo subtítulo, que aborda as aplicações práticas dos resultados obtidos na pesquisa e seus desdobramentos em políticas públicas, instrumentos de ordenamento territorial e ações comunitárias.

Os resultados obtidos por meio das matrizes e redes aplicadas à análise da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva revelaram um conjunto de informações de alta relevância para o planejamento e a gestão territorial.

A espacialização das classes de uso e ocupação do solo, combinada com a análise multiescalar dos impactos ambientais, permitiu identificar áreas críticas para intervenção, corredores ecológicos estratégicos e zonas prioritárias para regularização fundiária e restauração florestal. Segundo Ross (2006, p. 73), “a integração entre análise espacial e instrumentos normativos é essencial para propor alternativas viáveis de gestão territorial em áreas de expansão desordenada”.

Uma das principais aplicações práticas refere-se ao suporte à gestão pública municipal e estadual, especialmente em relação ao ordenamento territorial e à formulação de políticas públicas setoriais.

A construção de matrizes legais e de impacto subsidiou o aprimoramento dos instrumentos de planejamento, como o Plano Diretor Participativo e o zoneamento ambiental da sub-bacia, incorporando critérios técnicos baseados em evidências espaciais e ambientais. De acordo com Mendonça (2014, p. 88), “a governança ambiental efetiva depende da qualidade da informação territorial disponível para os tomadores de decisão”.

A articulação entre os dados obtidos e a legislação vigente também proporcionou insumos técnicos para orientar a atuação dos órgãos de fiscalização e licenciamento ambiental, como as secretarias municipais de meio ambiente e os núcleos estaduais de gestão de recursos hídricos.

As matrizes, ao identificarem sobreposições entre áreas de risco e usos incompatíveis, indicam pontos de conflito ambiental que requerem ações específicas, como embargos, recomposição de vegetação nativa ou ações de educação ambiental.

Brandão (2022, p. 240) diz que “a Educação Ambiental é também uma das grandes aliadas para que o desenvolvimento sustentável tenha êxito, na medida em que desencadeia estímulos à mudança de comportamento dos indivíduos”. Tais aplicações reforçam o papel das geotecnologias no fortalecimento da gestão territorial, pois “a educação ambiental desponta como artifício na defesa do meio natural pelo fato de ajudar na reaproximação do homem com a natureza” (Pacheco, 2013, p. 211).

Do ponto de vista comunitário, os dados e mapas gerados foram utilizados em oficinas participativas com agricultores familiares, associações comunitárias e gestores locais, promovendo a compreensão dos riscos ambientais e estimulando práticas sustentáveis.

A representação gráfica das redes de interações complexas ajudou a explicar os efeitos cumulativos das ações humanas sobre os recursos naturais, favorecendo o engajamento local. Como destaca Jacobi (2003, p. 198), “a democratização da informação ambiental é um passo fundamental para consolidar práticas de gestão participativa e corresponsabilidade”.

Além disso, os resultados foram incorporados em propostas de projetos de recuperação ambiental, como a implantação de unidades demonstrativas de reflorestamento em APPs degradadas, a delimitação de zonas de recarga hídrica e a definição de áreas para implementação de sistemas agroflorestais.

A priorização dessas ações foi fundamentada nas análises integradas das matrizes de recuperação e nos mapas de vulnerabilidade socioambiental. Essas ações demonstram como a ciência aplicada pode orientar de forma concreta a transformação da paisagem e a mitigação dos impactos da ocupação antrópica.

Portanto, a análise sistematizada da sub-bacia por meio das matrizes e redes permitiu não apenas compreender a complexidade da dinâmica territorial, mas também orientar soluções práticas e territorialmente embasadas.

Os produtos gerados contribuem para o fortalecimento da gestão integrada da paisagem e da água, proporcionando ferramentas que dialogam com as necessidades reais dos atores locais. Essa transição da teoria para a prática reforça a importância da ciência aplicada no contexto amazônico.

CONSIDERAÇÕES

A análise desenvolvida neste capítulo permitiu compreender, sob uma perspectiva sistêmica e multiescalar, os padrões de uso e ocupação do solo, a estrutura da cobertura da terra e as interações socioambientais que conformam a paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

A integração entre matrizes temáticas, redes de interações complexas e geotecnologias possibilitou uma leitura que ultrapassa a descrição morfológica, alcançando a compreensão funcional e relacional do território, em consonância com os pressupostos dos sistemas complexos (Morin, 2005; 2011).

Os resultados evidenciaram que a dinâmica da paisagem não se organiza de forma linear, mas por meio de ciclos de expansão, colapso e reorganização, sobretudo associados às classes de pastagem e formação campestre.

A leitura articulada das Matrizes 3, 4 e 5 confirmou a existência de um gradiente funcional fluvial, no qual o curso superior se configura como núcleo de estabilidade ecológica, o curso médio como zona de transição crítica e o curso inferior como espaço de acumulação de impactos, corroborando as interpretações de Christofolletti (1980), Ross (2006) e Suguio e Bigarella (1990).

As Matrizes 1 e 2 demonstraram que, embora os valores do CPIG permaneçam na classe “Excelente” ao longo da série histórica, há uma tendência declinante progressiva, sobretudo nos cursos médio e inferior, indicando perda de funcionalidade sistêmica.

Essa condição reforça que a integridade ambiental não pode ser avaliada apenas por indicadores agregados, mas deve considerar as interações entre classes, processos hidrossedimentológicos e pressões antrópicas, conforme destaca Oliveira (2022).

As redes da complexidade, expressas nas Matrizes 6, 7 e 8, ampliaram essa leitura ao revelar que as transformações territoriais se propagam por meio das arestas que conectam os nós de uso e cobertura da terra. Essas redes evidenciaram padrões de centralidade, conectividade e vulnerabilidade ecológica, tornando visíveis os processos de retroalimentação, reorganização e colapso funcional, conforme a concepção de Morin (2011) e Nascimento e Fernandes (2017).

A incorporação da matriz de indicação legal permitiu articular os dados ambientais às normas vigentes, revelando zonas de conflito entre uso real e uso permitido, especialmente em áreas de preservação permanente e zonas de expansão urbana.

Esse cruzamento reforça a importância da integração entre instrumentos técnicos e dispositivos legais para o ordenamento territorial, conforme defendem Tucci (2002), Jacobi (2003) e Ross (2006).

Do ponto de vista aplicado, os produtos gerados – mapas, matrizes e redes – demonstraram elevado potencial para subsidiar políticas públicas, ações de fiscalização, projetos de recuperação ambiental e processos participativos de gestão.

A espacialização das pressões e das áreas críticas possibilita orientar intervenções prioritárias, corredores ecológicos e estratégias de recomposição da vegetação ripária, em consonância com Mendonça (2014) e Xavier (2024).

Assim, este capítulo cumpriu sua função ao oferecer uma análise integrada, relacional e territorializada da paisagem da sub-bacia do rio Preto da Eva, articulando teoria, método e evidência empírica.

CAPÍTULO III: PAISAGEM DOS ELEMENTOS DA GEODIVERSIDADE NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO DA EVA

Este capítulo analisa a paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva sob a perspectiva da Geografia Física, com ênfase nos elementos da geodiversidade e nos aspectos fisiográficos que estruturam a dinâmica fluvial. A análise integra relevo, geologia, solos, hidrografia, clima, topografia, altitude, vegetação e fauna, em articulação com o uso e a ocupação do solo.

A abordagem multiescalar evidencia contrastes entre os compartimentos fluviais. No alto curso, predominam maiores altitudes, vegetação preservada e solos rasos; no médio curso, observa-se relevo suavizado e intensificação da pressão antrópica; no baixo curso, destacam-se planícies alagáveis, elevada sedimentação e ocupações irregulares. Esses padrões refletem a complexidade espacial da paisagem.

A fisionomia fluvial expressa a interação entre os sistemas hídricos, o relevo, a cobertura vegetal e o uso da terra, constituindo elemento central da paisagem. Conforme Bertrand e Bertrand (2007, p. 226), “a produção de uma paisagem é geralmente considerada como um processo tripolar no qual intervém um observador, um mecanismo de percepção e um objeto”. Na Geografia Física, a paisagem representa a manifestação visível dos processos naturais e antrópicos em constante transformação.

A concepção sistêmica da paisagem, proposta por Bertrand, supera a visão fragmentada dos elementos naturais, ao compreender a paisagem como uma combinação dinâmica de fatores físicos, biológicos e humanos (Bertrand; Bertrand, 2009, p. 317). Essa abordagem fundamenta a análise da sub-bacia do rio Preto da Eva, especialmente no que se refere à organização do relevo e à dinâmica hidrológica.

A geodiversidade constitui componente estruturante da paisagem, ao representar a diversidade de formações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hídricas. Segundo Kozlowski (2004, p. 14), “a geodiversidade é a variedade natural da superfície da Terra”, sendo determinante na conformação da paisagem da sub-bacia.

De acordo com Pacheco (2013, p. 164), essas dinâmicas estão intrinsecamente relacionadas ao solo, à vegetação e à água, elementos condicionados por sua gênese e pela dinâmica fluvial. As transformações espaciais, sobretudo nas margens dos cursos d’água, são também condicionadas por fatores político-econômicos, regulados pela relação entre Estado e mercado (Pacheco, 2011, p. 72).

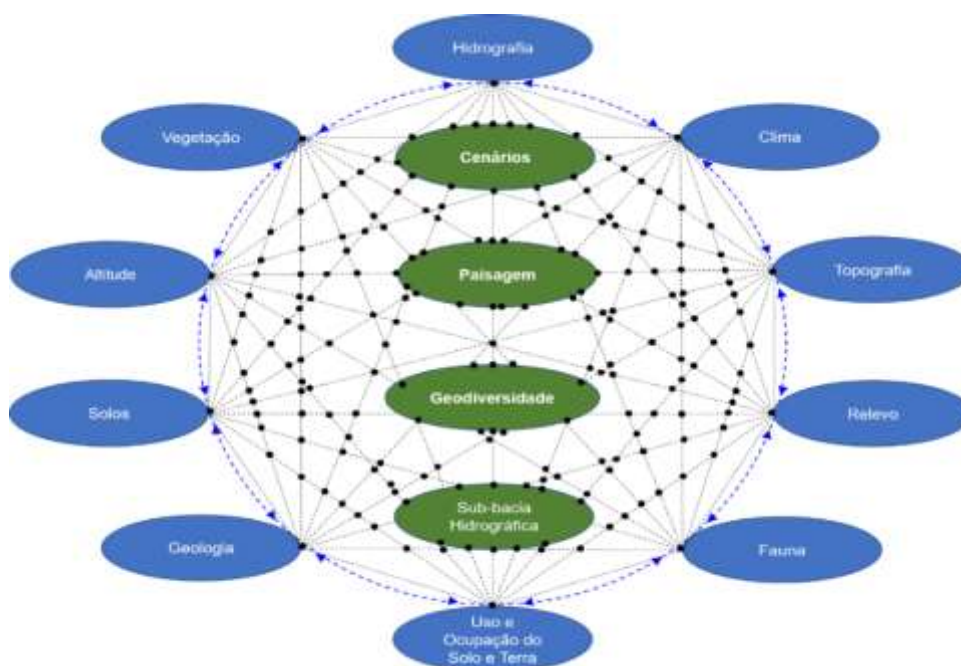
A dinâmica fluvial apresenta fisionomias distintas ao longo dos compartimentos alto, médio e baixo curso, influenciadas por declividade, encaixamento dos canais e processos erosivos e sedimentares. A análise integrada desses parâmetros permite a compartimentação hidrogeomorfológica e evidencia a relação entre geodiversidade e paisagem. Conforme Ross e Antunes (2016, p. 25), “os elementos que compõem a paisagem estão relacionados de tal forma que os mecanismos de funcionamento refletem na diversidade das suas fisionomias”.

Assim, a paisagem da sub-bacia do rio Preto da Eva expressa, em escala espacial e temporal, a interação entre geodiversidade, dinâmica fluvial e uso do solo, constituindo base analítica para a compreensão dos processos de organização territorial e transformação ambiental na Amazônia.

3.1 Caracterização da geodiversidade da área de estudo

A sub-bacia do rio Preto da Eva, ao ser submetida a uma análise de caracterização da geodiversidade, revela a complexidade e a interconexão dos elementos que compõem a geodiversidade. Ao considerar a estratificação do meio físico na sub-bacia do rio Preto da Eva, conforme destacado por Simas (2002), é essencial avaliar aspectos fito-pedo-geomorfológicos, juntamente com o grau de antropização e uso da terra (**Figura 7**).

Figura 7: Elementos de rede da complexidade



Fonte: Elaborado por Martins (2024).

De acordo com Kozłowski (2004), a abordagem da geodiversidade enfatiza características e processos abióticos, desde as fundações geológicas até os acidentes geográficos geomorfológicos, na compreensão e conservação dos ambientes naturais. Isso forma a rede da complexidade, caracterizada pela interconexão e pela interdependência de elementos diversos em determinado sistema, conforme a **Figura 04**.

Na caracterização da Unidade Espacial de Análise localizada na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva serão levados em consideração os atributos de análise dos geocênários na paisagem da geodiversidade em rede complexa dos elementos da hidrografia, do clima, da topografia, do relevo, da fauna, do uso e da ocupação do solo e da terra, da geologia, dos solos, da altitude e da vegetação.

A abordagem da rede da complexidade visa compreender a dinâmica e organização de sistemas complexos, nos quais as partes estão interligadas e influenciam umas às outras, formando geocênários, paisagens, geodiversidade e sub-bacias hidrográficas.

A rica diversidade geológica e geomorfológica da sub-bacia do rio Preto da Eva, discutida por Carcavilla *et al.* (2008), “revela a complexidade dos elementos naturais presentes, destaca que a geodiversidade na região abrange não apenas os elementos naturais, mas também os sistemas gerados por atividades humanas”.

Ao analisar a geodiversidade da área de estudo, percebe-se a existência de duas perspectivas distintas. Por um lado, há uma visão mais abrangente que considera a “geodiversidade como uma síntese da paisagem, incorporando elementos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, edáficos e climáticos, além das influências antrópicas” (Carcavilla *et al.*, 2008).

Diante desse cenário, fica claro que a compreensão integrada da intrincada rede de interações entre os elementos naturais e as atividades humanas não se restringe à análise dos aspectos naturais, mas também abrange as transformações resultantes da ação humana na paisagem ao longo do tempo e do espaço. Isso se torna evidente ao caracterizar os elementos da geodiversidade da sub-bacia do rio Preto da Eva.

3.2 Caracterização da Unidade Espacial de Análise da sub-bacia hidrográfica e das unidades de paisagem da geodiversidade

A caracterização da Unidade Espacial de Análise, a partir da integração dos elementos naturais que compõem a sub-bacia hidrográfica, constitui etapa fundamental para a compreensão da dinâmica ambiental do território. A análise de componentes como relevo,

clima, solos, vegetação e hidrografia permite interpretar a organização espacial da paisagem e suas transformações ao longo do tempo (Ross, 2006; Silva, 2012).

Sob essa perspectiva, a paisagem é entendida como um sistema complexo, resultante da interação contínua entre processos naturais e ações antrópicas, cuja configuração expressa diferentes níveis de organização e funcionalidade ambiental. Segundo Ross (2006, p. 39), “o relevo define as formas da superfície e, por isso, é elemento primordial na caracterização das unidades da paisagem”, condicionando usos, fluxos e dinâmicas territoriais.

A interação entre os elementos da geodiversidade e as atividades humanas constitui aspecto central na análise da Unidade Espacial de Análise, pois define padrões de ocupação, vulnerabilidade ambiental e processos de degradação ou conservação.

Conforme Kozłowski (2004), a geodiversidade compreende o conjunto de elementos físicos que estruturam os ecossistemas e influenciam diretamente a biodiversidade e as aptidões do território.

Considerando essas premissas, o presente estudo adota o método de estudo de caso como estratégia teórico-metodológica, possibilitando uma análise aprofundada das relações socioambientais e da identidade geoambiental da sub-bacia hidrográfica. A cenarização da paisagem, aplicada a um sistema fluvial da Bacia do Amazonas-Solimões, permite compreender, de forma multiescalar, os processos de produção e transformação do espaço geográfico (Yin, 2015; Silva, 2012).

3.2.1 Rede Hidrográfica

Conforme a Superintendência da Zona Franca de Manaus, a sub-bacia hidrográfica estudada integra os sistemas dos rios Urubu e Preto da Eva, cujos padrões de drenagem apresentam diferenças morfodinâmicas. O Urubu é predominantemente meandrante, enquanto o Preto da Eva apresenta segmentos mais retilíneos e estruturalmente condicionados (Suframa, 2005).

A interpretação da influência estrutural sobre a drenagem amazônica remonta ao estudo pioneiro de Sternberg (1950), que identificou segmentos retilíneos, paralelismos e inflexões abruptas nos canais. Essas feições foram associadas a descontinuidades geológicas, especialmente segundo direções NE–SW e NW–SE, relevantes para os rios Urubu e Preto da Eva.

Em escala regional, a rede hidrográfica organiza fluxos de água, sedimentos e matéria, participando diretamente da evolução da paisagem. Silva (2005) destaca que os rios Preto da

Eva e Urubu estruturam interflúvios e vales, enquanto Gray (2004) reconhece os sistemas hídricos como componentes essenciais da geodiversidade regional amazônica.

Desse modo, a análise hidrográfica evidencia relações entre estrutura, relevo e dinâmica fluvial, mas seu funcionamento também depende das condições atmosféricas responsáveis pela entrada de água no sistema. Por essa razão, a compreensão da sub-bacia exige, na sequência, examinar o regime climático e sua influência sobre processos hidrogeomorfológicos.

3.2.2 Aspectos Climáticos

Conforme Silva (2012), a região em estudo apresenta clima quente e úmido típico das florestas equatoriais, classificado como Am segundo a classificação climática de Köppen (1948). Esse tipo climático caracteriza-se pela elevada umidade atmosférica e pela ocorrência de uma estação seca pouco pronunciada, concentrada entre os meses de julho e outubro, a qual é compensada por intensas precipitações durante a estação chuvosa, que se estende, principalmente, de dezembro a março.

As temperaturas médias anuais mantêm-se elevadas ao longo de todo o ano, variando entre 27 °C e 29 °C, o que evidencia a estabilidade térmica característica das regiões equatoriais. As amplitudes térmicas diárias são relativamente significativas, situando-se entre 11 °C e 14 °C, refletindo a forte incidência de radiação solar e a elevada evapotranspiração.

Entretanto, apesar das variações térmicas observadas ao longo do dia, a amplitude térmica anual é reduzida, em torno de 8 °C. A diferença entre as temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio é inferior a 2 °C, o que confirma a ausência de estações térmicas bem definidas. Assim, o clima regional é marcado essencialmente por dois períodos distintos, diferenciados sobretudo pela variação do regime pluviométrico, característica típica dos climas equatoriais úmidos (Silva, 2012).

3.2.3 Aspectos Morfológicos e Topográficos

Os aspectos geomorfológicos do território de Rio Preto da Eva caracterizam-se por um relevo predominantemente dissecado, composto por formas colinosas, interflúvios tabulares e extensas superfícies planas, associadas a dois níveis principais de superfícies de aplainamento, de idades pliopleistocênica e neo-pleistocênica (SILVA, 2012). Essas superfícies refletem diferentes fases da evolução morfogenética regional, resultantes de processos prolongados de denudação e rebaixamento topográfico sob condições climáticas tropicais úmidas.

A área insere-se na unidade morfoestrutural denominada Planalto Dissecado Rio Trombetas–Rio Negro, desenvolvida sobre rochas sedimentares cretáceas da Formação Alter do Chão, com predomínio de solos do tipo Latossolo Amarelo, o que evidencia a intensa atuação de processos intempéricos e pedogenéticos (SILVA, 2005). Essa unidade geomorfológica apresenta colinas de pequenas e médias dimensões, relevo fortemente dissecado, vales encaixados em “V”, rebordos erosivos relativamente abruptos e interflúvios estreitos e alongados, com cotas altimétricas que variam, em média, entre 30 e 100 m.

A drenagem apresenta bacias assimétricas, padrão predominantemente subdendrítico e influência de lineamentos NE–SW e NW–SE, além de segmentos N–S e E–W (Silva, 2012). Essa organização converge com Sternberg (1950), que relacionou retilinearidade, paralelismo e mudanças abruptas de direção a possível condicionamento estrutural dos vales amazônicos da região central.

3.2.4 Relevo e Formas de Representação

No município de Rio Preto da Eva, a formação do relevo resulta da atuação integrada de processos estruturais, climáticos e fluviais, configurando-se como uma das principais expressões da geodiversidade regional. Do ponto de vista geomorfológico, distinguem-se duas unidades predominantes: planaltos rebaixados e planícies fluviais, cujas feições refletem diferentes estágios da evolução morfogenética sob condições tropicais úmidas (Silva, 2012).

Os planaltos rebaixados correspondem a superfícies residuais de dissecação, caracterizadas por colinas suavemente onduladas, interflúvios alongados e vales encaixados em “V”, com variação altimétrica predominante entre 30 e 100 m. Essas formas indicam um estágio avançado de denudação e rebaixamento topográfico, associado a longos períodos de atuação dos processos exógenos, especialmente o intemperismo químico e a erosão fluvial (Silva, 2012). Conforme os levantamentos do RADAMBRASIL (Folha AS-21), a área apresenta extensas superfícies de aplainamento, identificadas como de idades pliopleistocênica e neo-pleistocênica, que constituem importantes registros da dinâmica evolutiva do relevo regional.

Sob a perspectiva teórica da Geografia Física, o relevo exerce papel estruturador na organização espacial da paisagem, pois condiciona a distribuição dos solos, da vegetação e da rede hidrográfica, influenciando diretamente os padrões de uso e ocupação do território. Nesse sentido, Ross (2006) destaca que “a morfologia terrestre apresenta grande variabilidade espacial, sendo determinada por processos geológicos, tectônicos e exógenos que atuam de

forma integrada no tempo e no espaço” (Ross, 2006, p. 44), de modo que “o relevo define as formas da superfície e, por isso, é elemento primordial na caracterização das unidades da paisagem” (Ross, 2006, p. 39).

As planícies fluviais, por sua vez, desenvolvem-se ao longo dos principais eixos de drenagem e resultam de processos contínuos de sedimentação aluvial, associados à dinâmica hidrossedimentar dos cursos d’água, especialmente nos vales dos rios Urubu e Preto da Eva. Esses compartimentos constituem ambientes de elevada mobilidade geomorfológica, sujeitos a inundações periódicas, deposição de sedimentos finos e reorganização dos canais fluviais, desempenhando papel fundamental na renovação dos materiais superficiais e na dinâmica da paisagem.

Destaca-se ainda a ocorrência de capturas fluviais entre compartimentos topográficos distintos, sobretudo entre platôs residuais e paredões paralelos, evidenciando a atuação de processos de regressão erosiva e reorganização da rede de drenagem. Tais feições reforçam a influência do controle estrutural e da dissecação fluvial na configuração atual do relevo, confirmando o papel dos sistemas fluviais como agentes centrais na modelagem e na compartimentação morfoespacial da paisagem regional (Silva, 2012).

3.2.5 Representação da fauna

De acordo com a Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA (2005), as Florestas de Baixo constituem ambientes de elevada importância ecológica, especialmente em função da expressiva presença de palmeiras e da alta disponibilidade de recursos alimentares, que favorecem a ocorrência e a permanência de diversas espécies da fauna silvestre. Esses ambientes são frequentemente utilizados por mamíferos terrestres de grande porte, como a anta (*Tapirus terrestris*), a queixada (*Tayassu pecari*) e o porco-do-mato (*Pecari tajacu*), que encontram nessas áreas condições favoráveis para alimentação, abrigo e deslocamento.

Além das espécies de maior porte, as Florestas de Baixo também abrigam uma diversidade de animais de pequeno e médio porte, incluindo roedores, marsupiais, répteis e aves frugívoras, os quais desempenham funções ecológicas essenciais, como dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes e controle populacional de outras espécies. A elevada produtividade biológica desses ambientes favorece a formação de cadeias tróficas complexas, reforçando o papel das Florestas de Baixo como áreas estratégicas para a manutenção da biodiversidade regional.

Nesse contexto, as Florestas de Baixo podem ser compreendidas como unidades de paisagem fundamentais para a dinâmica espacial da fauna, uma vez que funcionam como zonas de concentração de recursos e corredores ecológicos naturais, permitindo o fluxo gênico entre populações e a conectividade entre diferentes compartimentos da paisagem. Assim, esses ambientes representam porções essenciais do território de vida de inúmeras espécies, contribuindo diretamente para a estabilidade ecológica e para a conservação da diversidade biológica da sub-bacia hidrográfica (SUFRAMA, 2005).

A dinâmica de uso e ocupação do solo no município de Rio Preto da Eva apresenta características peculiares, marcadas pelo predomínio expressivo da área rural, que corresponde a aproximadamente 99,81% do território municipal, conforme identificado por Silva (2021, p. 90) em estudo sobre a ocorrência de voçorocas ao longo da rodovia AM-010.

Esse cenário evidencia a centralidade das atividades antrópicas no processo de transformação da paisagem, bem como a necessidade de compreender o uso da terra como elemento estruturador da organização espacial e dos impactos ambientais associados.

Segundo Silva (2021), o surgimento e a intensificação das feições erosivas estão diretamente relacionados à ocupação inadequada das encostas e à alteração da dinâmica hidrológica superficial, especialmente em áreas submetidas à supressão da cobertura vegetal.

Fatores geomorfométricos, como declividade, comprimento de rampa e forma do relevo, quando associados a práticas antrópicas sem planejamento, potencializam os processos de escoamento superficial concentrado, favorecendo a gênese e a expansão das voçorocas.

Nesse contexto, a agricultura destaca-se como uma das principais atividades econômicas do município, exercendo papel determinante na configuração da paisagem rural. Os assentamentos agrícolas, frequentemente implantados em áreas ambientalmente frágeis, intensificam a pressão sobre os solos e contribuem para a instabilidade morfodinâmica, ampliando os riscos de degradação ambiental, sobretudo por meio de processos erosivos lineares (Silva, 2021).

Diante desse quadro, torna-se imperativa a adoção de práticas sustentáveis de manejo e conservação do solo, tais como o uso de técnicas de terraceamento, cobertura vegetal permanente, manejo adequado da drenagem e planejamento do uso da terra, visando à mitigação dos impactos ambientais e à promoção de uma ocupação territorial mais equilibrada e compatível com a capacidade de suporte dos sistemas naturais.

3.2.6 Formações e processos geológicos

O sistema fluvial da área de estudo insere-se no contexto da Bacia Sedimentar do Amazonas, a qual ocupa uma área aproximada de 500.000 km² e constitui uma das principais províncias geológicas da Amazônia brasileira. Essa bacia é limitada, a oeste, pela Bacia do Solimões, por meio do Arco do Purus, e, a leste, pelo Arco de Gurupá, sendo separada da Bacia do Marajó por estruturas tectônicas regionais (CPRM, 2010).

Do ponto de vista estratigráfico, destacam-se, na região, as formações Nhamundá, Manacapuru e Alter do Chão, além de depósitos aluvionares recentes e áreas com desenvolvimento de solos espodossólicos. A espessura do pacote sedimentar varia espacialmente, alcançando cerca de 700 m no setor norte e até aproximadamente 1.700 m no setor sul do território, configurando uma coluna estratigráfica que se estende do Paleozoico ao Cenozoico, conforme descrito por Cunha et al. (1994).

Entretanto, segundo Horbe et al. (2006), apenas a Formação Alter do Chão e o Grupo Trombetas, além de depósitos aluvionares restritos, encontram-se efetivamente expostos em superfície na área de estudo. A Formação Alter do Chão, composta predominantemente por sedimentos fluviais depositados entre o Cretáceo e o Paleógeno, constitui a principal unidade geológica regional, recobrando aproximadamente 90% da área, o que a torna o principal substrato litológico responsável pela configuração geomorfológica atual (Maia; Marmos, 2010).

Associados à evolução cenozoica da paisagem, destacam-se ainda depósitos expressivos de caulim, relacionados a intensos processos de lateritização, típicos de ambientes tropicais úmidos e quentes, que promoveram o aprofundamento do intemperismo químico e a concentração de minerais residuais (Horbe et al., 2006). O Grupo Trombetas, por sua vez, depositado em ambiente marinho durante o período Siluro-Devoniano, apresenta ocorrência restrita à porção norte da área, especialmente ao longo do vale do rio Urubu, onde aflora de forma descontínua.

3.2.7 Solos e suscetibilidade morfodinâmica

Os solos constituem elementos fundamentais da geodiversidade, pois resultam de processos pedogenéticos complexos e refletem a interação entre material de origem, relevo, clima, organismos e tempo, apresentando elevada variabilidade espacial. Nesse sentido, Kozłowski (2004) destaca que os solos desempenham papel central na organização dos

ecossistemas, uma vez que condicionam a biodiversidade, a aptidão agrícola e as formas de uso e ocupação da terra.

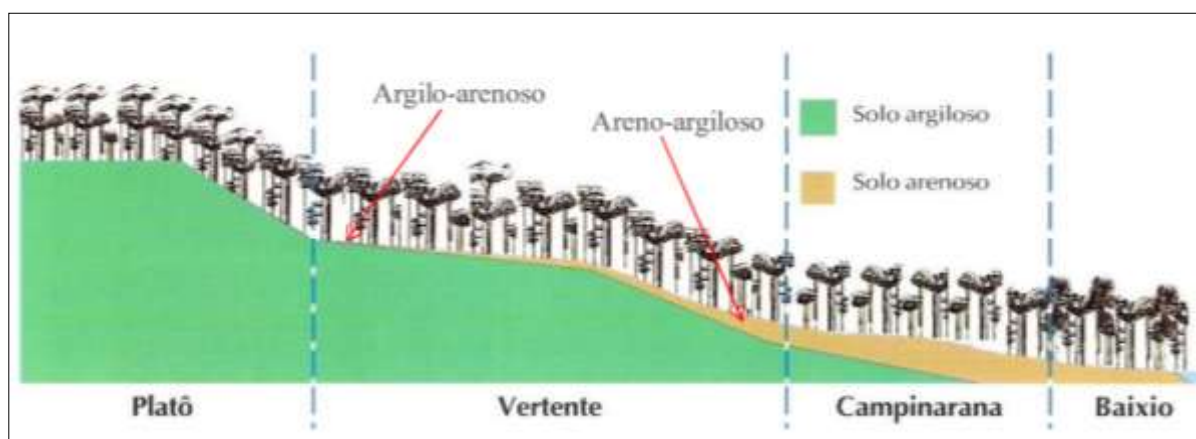
Conforme o autor, “a composição e a distribuição dos solos definem as aptidões do território e sua vulnerabilidade aos processos de degradação” (Kozłowski, 2004, p. 45), sendo que solos mal estruturados tendem a apresentar maior suscetibilidade à erosão e a outros processos morfodinâmicos (Kozłowski, 2004, p. 47).

Na área de estudo, destacam-se três classes principais de solos, segundo a classificação da EMBRAPA (2018): Latossolo Amarelo, Espodossolo e Neossolo Quartzarênico.

O Latossolo Amarelo é o solo de maior ocorrência regional, caracterizando-se por elevada profundidade, textura argilosa, estrutura bem desenvolvida e intenso grau de intemperismo. Trata-se de um solo distrófico, de baixa fertilidade natural, cuja gênese está associada à longa estabilidade geomorfológica e aos processos de lateritização desenvolvidos sobre os sedimentos da Formação Alter do Chão, especialmente a partir do Terciário (EMBRAPA, 2018).

Conforme a EMBRAPA (2021), o Latossolo Amarelo apresenta alto teor de argila (**Figura 08**), ocorre em diferentes formas de relevo e é distrófico, estando associado à Formação Alter do Chão, de idade terciária (Silva, 2012).

Figura 8: Mapa de altitude da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva



Fonte: Elaborado por Martins (2017).

Os Espodossolos, por sua vez, ocorrem de forma localizada, associados a ambientes mal drenados e a materiais arenosos, sendo caracterizados pela migração e acumulação de matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio em horizontes subsuperficiais. Esses solos indicam forte controle do regime hidrológico e da litologia, estando frequentemente

vinculados a áreas de baixa declividade e elevada umidade.

Já os Neossolos Quartzarênicos, conforme observado por Silva (2012), desenvolvem-se principalmente sobre depósitos sedimentares recentes de origem fluvial, apresentando textura predominantemente arenosa, baixa coesão estrutural e reduzida capacidade de retenção de água e nutrientes.

Apesar de, em alguns casos, apresentarem fertilidade relativa mais elevada, esses solos são extremamente frágeis do ponto de vista geomorfológico, sendo altamente suscetíveis aos processos erosivos, sobretudo quando submetidos à supressão da cobertura vegetal.

Do ponto de vista geológico, o município de Rio Preto da Eva insere-se na Bacia Sedimentar do Amazonas, que ocupa uma área aproximada de 500.000 km², sendo limitada a oeste pela Bacia do Solimões, por meio do Arco do Purus, e a leste pelo Arco de Gurupá, com separação estrutural da Bacia do Marajó (CPRM, 2008). As principais unidades geológicas regionais incluem as formações Nhamundá, Manacapuru e Alter do Chão, além de depósitos aluvionares recentes e áreas com desenvolvimento de areais espodossólicos.

A unidade geológica predominante é a Formação Alter do Chão, cujo desenvolvimento está associado a um sistema fluvial de alta energia, com deposição de sedimentos clásticos imaturos, compostos principalmente por arenitos quartzosos friáveis, caulínicos, mal selecionados, de granulação média a grossa, localmente conglomeráticos, com ocorrência subordinada de argilitos e siltitos (Souza, 1974; Horbe et al., 2006). Essa formação, de idade cretácea a paleógena, recobre cerca de 90% da área de estudo e constitui o principal substrato litológico responsável pela gênese dos solos regionais.

Após o término da sedimentação, a região foi submetida a soerguimentos tectônicos suaves e à intensa atuação de processos de intemperismo físico-químico, sobretudo a lateritização cenozoica, que originou espessos perfis lateríticos e promoveu o aprofundamento dos mantos de alteração.

Esses processos foram condicionados pela interação entre eventos neotectônicos e o clima tropical úmido, favorecendo a formação de solos profundamente intemperizados e a elevada vulnerabilidade morfodinâmica da paisagem (Horbe et al., 2006).

O pacote sedimentar apresenta espessura variável, atingindo aproximadamente 700 m no setor norte e até 1.700 m no setor sul, inserido em uma coluna estratigráfica que abrange do Paleozoico ao Cenozoico (Cunha et al., 1994). Entretanto, na área de estudo, apenas a Formação Alter do Chão, o Grupo Trombetas e os depósitos aluvionares pleistocênicos e holocênicos encontram-se aflorantes em superfície, restritos principalmente aos vales fluviais

e terraços recentes (Horbe et al., 2006).

Nesse contexto, a combinação entre substrato litológico arenoso, solos pouco coesos e elevada pluviosidade confere à área alta suscetibilidade morfodinâmica, especialmente aos processos de erosão hídrica, ravinamento e formação de voçorocas. A fragilidade dos solos, quando associada ao uso inadequado da terra e à supressão da cobertura vegetal, intensifica os processos de instabilidade superficial, tornando os sistemas pedológicos elementos-chave para a compreensão da dinâmica ambiental e da degradação da paisagem na sub-bacia hidrográfica.

3.2.8 Hipsometria e Compartimentação Altimétrica do Relevo

No território do município de Rio Preto da Eva, a configuração altimétrica do relevo revela uma organização espacial marcada pela presença de dois compartimentos geomorfológicos predominantes: os planaltos rebaixados e as planícies fluviais, conforme identificado por Silva (2012). Esses compartimentos expressam diferentes níveis topográficos e refletem distintos estágios da evolução morfogenética da paisagem.

Os planaltos rebaixados correspondem a superfícies residuais de dissecação, caracterizadas por interflúvios alongados, vales estreitos encaixados em “V” e cotas altimétricas que variam, predominantemente, entre 30 e 100 metros. Essas feições indicam um relevo intensamente retrabalhado por processos erosivos, associado à longa atuação da dissecação fluvial sob condições climáticas tropicais úmidas.

Destaca-se ainda a ocorrência de capturas fluviais, evidenciadas pelo rearranjo dos tributários entre platôs residuais, formando paredões paralelos que expressam a regressão erosiva e a reorganização da rede de drenagem.

As planícies fluviais, por sua vez, ocupam as porções topograficamente mais baixas do território, desenvolvendo-se ao longo dos principais eixos de drenagem, especialmente nos vales dos rios Urubu e Preto da Eva. Essas áreas apresentam reduzida amplitude altimétrica e são marcadas por superfícies planas, associadas a processos de sedimentação aluvial recente, elevada mobilidade geomorfológica e recorrência de inundações periódicas.

A distribuição altimétrica do relevo, portanto, constitui elemento fundamental para a compreensão da dinâmica ambiental da sub-bacia hidrográfica, uma vez que condiciona a organização da rede hidrográfica, a compartimentação das unidades de paisagem e a suscetibilidade dos sistemas naturais aos processos morfodinâmicos, como erosão, transporte e deposição de sedimentos (Silva, 2012).

3.2.9 Vegetação como Indicador Físico-Morfológico

A vegetação atua como um importante indicador físico-morfológico da paisagem, funcionando como filtro biológico e elemento integrador das condições ambientais, uma vez que sua distribuição está diretamente associada às características do solo, do clima, do relevo e do regime hidrológico. Nesse sentido, a cobertura vegetal reflete não apenas os processos ecológicos naturais, mas também os impactos decorrentes das ações antrópicas sobre os sistemas ambientais.

Segundo Delgado (2022), a vegetação constitui um marcador da integridade ecológica e do grau de alteração das unidades de paisagem, pois expressa a estabilidade ou a fragilidade dos ambientes físicos. Para o autor, “a distribuição da vegetação expressa as características físicas do meio e reflete diretamente os processos ecológicos e antrópicos em curso” (Delgado, 2022, p. 52), sendo que “a vegetação, como elemento de cobertura, responde aos gradientes altitudinais e pedológicos” (Delgado, 2022, p. 54).

No território de Rio Preto da Eva, predominam três grandes tipologias vegetacionais: florestas equatoriais perenifólias densas, florestas de várzea e florestas subperenifólias densas. De acordo com o CPRM (2008), a área apresenta doze formações principais, entre as quais se destacam: Floresta de Platô Alto, Floresta de Platô Baixo, Floresta de Vertente, Floresta de Transição, Floresta Ripária, Floresta de Baixo, Floresta de Igapó, Floresta de Campinaranas e Floresta de Campina.

Com base na compartimentação geoambiental dos sistemas hidrográficos dos rios Urubu e Preto da Eva, Silva (2012) identifica como formações dominantes: (i) Floresta de Platô Alto; (ii) Floresta de Platô Baixo com campinaranas; (iii) Floresta de Igapó; (iv) Floresta de Baixo; e (v) Campinaranas e Campinas. Essas tipologias evidenciam a relação direta entre a vegetação e os gradientes topográficos, pedológicos e hidrológicos da sub-bacia hidrográfica.

As Florestas de Platô Alto ocorrem nas porções topograficamente mais elevadas, concentrando-se na faixa central entre as duas bacias hidrográficas. Desenvolvem-se sobre solos argilosos, bem drenados e pobres em nutrientes, apresentando dossel elevado, entre 30 e 40 m de altura, com árvores emergentes e elevada biomassa, configurando ambientes estruturalmente complexos e ecologicamente estáveis.

As Florestas de Platô Baixo com campinaranas, por sua vez, ocorrem principalmente nas proximidades da bacia do rio Preto da Eva e apresentam estrutura semelhante às florestas

de platô alto, porém desenvolvidas sobre solos mais arenosos, com menor disponibilidade de nutrientes e maior acidez, o que condiciona a composição florística e o porte da vegetação.

Segundo o IBGE (2010), as florestas de baixio e de igapó distribuem-se ao longo dos principais cursos fluviais e são sazonalmente inundadas, sobretudo entre os meses de março e julho. Nessas áreas predominam palmeiras e espécies adaptadas ao encharcamento, associadas a sistemas radiculares especializados. A vegetação dominante corresponde à Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, que ocupa platôs e vales abaixo de 100 m de altitude, apresentando estrato arbóreo de grande porte e elevada complexidade estrutural.

A diversidade florestal amazônica reflete a elevada complexidade ecológica da região, resultante das variações litológicas, pedológicas e hidrológicas, bem como dos processos geológicos de longa duração. As florestas de terra firme ocupam áreas não sujeitas à inundação, apresentando solos profundos, pobres em nutrientes e alta diversidade florística, pois “não são inundadas, possuem espécies que não toleram o excesso de umidade” (Ayres, 2006, p. 12).

Em contraste, as florestas de várzea desenvolvem-se em áreas sazonalmente alagadas por águas brancas ricas em sedimentos, o que confere maior fertilidade aos solos e elevada produtividade primária. Conforme Ayres (2006, p. 7), “as matas de várzea do Médio Solimões são florestas sazonalmente alagadas pelas águas brancas dos rios andinos, particularmente o Solimões”.

As florestas de igapó, associadas a rios de águas pretas, apresentam menor fertilidade edáfica e produtividade, uma vez que “as águas negras dos igapós carregam menos sedimentos, tornando o solo menos fértil” (Ayres, 2006, p. 16). Apesar disso, esses ambientes abrigam espécies endêmicas e desempenham papel relevante na dinâmica hidrológica e na manutenção da biodiversidade regional.

Entre os ambientes desenvolvidos sobre solos arenosos, destacam-se as campinas e campinaranas, caracterizadas por elevada acidez e extrema pobreza nutricional. Essas formações correspondem a “formas de vegetação adaptadas a solos extremamente pobres, geralmente associados a áreas de areia branca” (AYRES, 2006, p. 12). As campinas apresentam fisionomia mais aberta, enquanto as campinaranas possuem maior cobertura arbórea, ainda que de porte reduzido.

Os baixios configuram áreas de transição entre várzea e terra firme, submetidas à influência hídrica sazonal, porém sem alagamento prolongado. Segundo Ayres (2006), essas áreas “recebem influência da água durante parte do ano, mas não chegam a se manter

alagadas por longos períodos”, favorecendo o desenvolvimento de uma flora adaptada às oscilações do regime hidrológico.

Outras características da sub-bacia do rio Preto da Eva são as Terras Pretas de Índio (TPI), que constituem solos antropogênicos singulares da Amazônia, caracterizados por elevada fertilidade, presença de fragmentos cerâmicos, materiais líticos e alta concentração de carbono orgânico, estando fortemente associadas a ocupações humanas pretéritas (TEIXEIRA et al., 2010). Na sub-bacia do rio Preto da Eva, essas ocorrências foram identificadas nos cursos superior, médio e inferior, indicando padrões diferenciados de uso e manejo do território ao longo do tempo.

As TPI ocorrem, sobretudo, em áreas elevadas, associadas a ambientes de campina e campinarana sobre solos arenosos enriquecidos por horizonte escuro. Nesses locais são frequentes vestígios arqueológicos, como fragmentos cerâmicos e artefatos líticos, evidenciando práticas intencionais de manejo do solo por populações indígenas, voltadas ao aumento da fertilidade e da produtividade agrícola (Teixeira et al., 2010).

A vegetação associada às TPI apresenta composição diferenciada, com destaque para palmeiras como o inajá (*Attalea maripa*), frequentemente relacionada a áreas antropizadas, o que evidencia o manejo deliberado da paisagem e a construção histórica de ambientes produtivos. Esses espaços constituem exemplos expressivos da interação entre processos naturais e práticas culturais na conformação das unidades de paisagem amazônicas.

A dinâmica da vegetação regional é fortemente regulada pelos ciclos hidrológicos, sendo o pulso de inundação determinante para a sucessão ecológica, a reprodução das espécies e a disponibilidade de nutrientes, pois “a alternância entre o período de seca e de cheia determina a sucessão ecológica, a reprodução das espécies e a disponibilidade de nutrientes” (Ayres, 2006).

Ademais, os diferentes ambientes florestais sustentam modos de vida tradicionais, uma vez que “as populações ribeirinhas conhecem detalhadamente os ciclos das águas e utilizam os diferentes ambientes florestais conforme a sazonalidade” (Ayres, 2006, p. 10–16), reforçando a integração entre natureza, cultura e paisagem.

3.3 Elementos da geodiversidade na sub-bacia hidrográfica

A geodiversidade compreende a variedade de elementos abióticos que compõem a superfície terrestre. Kozłowski (2004) enfatiza que ela engloba aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hídricos e os processos que os modelam, resultantes tanto de

ações naturais quanto antrópicas.

Desse modo, elementos como relevo, solos, geologia, clima, topografia, fauna e vegetação devem ser analisados de forma integrada, considerando suas interações em rede.

Essa abordagem permite compreender a estrutura dos compartimentos fluviais da sub-bacia (curso superior, médio e inferior) como unidades interdependentes, marcadas por distintas fisionomias. A hidrografia e a topografia, por exemplo, atuam como eixos estruturantes, definindo a organização espacial dos demais componentes do ambiente.

A compreensão da dinâmica dos sistemas fluviais é fundamental para a geomorfologia e a hidrografia, permitindo a caracterização e o manejo adequado das bacias hidrográficas.

Nesse contexto, a compartimentação dos cursos fluviais em alto, médio e baixo curso constitui uma abordagem clássica e amplamente adotada para descrever as variações processuais e morfológicas ao longo do perfil longitudinal de um rio. Tal divisão reflete a interação complexa entre declividade, energia de fluxo, processos erosivos, de transporte e deposicionais, bem como a natureza do material geológico.

O alto curso de um rio, também denominado curso superior, caracteriza-se por sua proximidade à nascente e pela predominância de elevadas declividades (Christofolletti, 1980). Nesses trechos, a energia potencial da água é convertida em alta energia cinética, o que resulta em intensos processos de erosão vertical, com a formação de vales encaixados, tipicamente em forma de "V" (Stevaux; Latrubesse, 2017).

A capacidade de transporte do rio é máxima, permitindo o arraste de sedimentos mais grosseiros, como seixos e blocos. É comum a ocorrência de feições como corredeiras, cachoeiras e desfiladeiros, que evidenciam a ação erosiva dominante e a resistência litológica do substrato (Guerra; Cunha, 2001).

À medida que o rio avança em direção à foz, adentra-se no médio curso. Nesta seção, observa-se uma redução gradual da declividade e, conseqüentemente, da energia de fluxo. Os processos geomorfológicos tornam-se menos incisivos, com uma transição da erosão vertical para a erosão lateral e o início significativo do transporte de sedimentos em suspensão e por arraste (Christofolletti, 1980).

Os vales tendem a ser mais abertos, assumindo formas em "U" ou "V" alargado, e podem surgir os primeiros indícios de meandros, que são curvas mais suaves no traçado do canal (Stevaux; Latrubesse, 2017). A deposição de sedimentos mais finos começa a ser perceptível, formando pequenas barras e planícies aluviais incipientes.

Por fim, o baixo curso (ou curso inferior) representa o trecho final do rio,

caracterizado por declividades muito baixas e uma energia de fluxo consideravelmente reduzida. Neste segmento, os processos deposicionais são predominantes, resultando na acumulação de grandes volumes de sedimentos finos, como silte e argila (Guerra; Cunha, 2001).

A planície de inundação é ampla e bem desenvolvida, e o canal fluvial exibe meandros sinuosos e complexos, com a formação de lagos em ferradura e extensas áreas de várzea. A foz do rio, que pode ser um estuário ou um delta, é a expressão máxima da deposição de sedimentos, marcando o encontro do rio com outro corpo d'água, como um lago, mar ou outro rio de maior porte (Ross, 2005).

Em suma, a compartimentação dos cursos fluviais em alto, médio e baixo curso não é uma divisão rígida, mas sim uma ferramenta conceitual que auxilia na compreensão da evolução geomorfológica de um rio e de sua bacia hidrográfica. As características e os processos predominantes em cada curso são interdependentes e refletem a complexa dinâmica do sistema fluvial como um todo.

Nesse contexto, a geodiversidade emerge como um conceito fundamental. Serrano e Ruiz-Flaño (2007) destacam que a geodiversidade é composta por “elementos, processos e relações abióticas presentes em um ambiente físico”, o que reforça sua importância como ferramenta de análise da totalidade.

O conceito de geodiversidade, embora de uso mais recente no campo das Geociências, tem suas raízes em discussões sobre a valorização e conservação do meio abiótico. Sua emergência formal é frequentemente associada à década de 1990, com destaque para a Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística, realizada no Reino Unido (Silva, 2021).

Contudo, é importante notar que a ideia de diversidade de elementos não biológicos já havia sido abordada por geógrafos, como o argentino Federico Alberto Daus na década de 1940, embora com uma conotação mais ligada à geografia cultural (Serrano; Ruiz-Flaño, 2007).

Os fundamentos científicos da geodiversidade, consolidados no século XXI, residem na premissa de que a variedade de elementos e processos abióticos constitui a base para a existência e evolução da vida na Terra. Essa perspectiva integra a geodiversidade como um substrato essencial para a biodiversidade, reconhecendo que "a geodiversidade pode ser considerada como a principal causa para a variedade de ambientes onde a vida surgiu e evoluiu" (Brilha, 2005, p. 18).

Desse modo, a compreensão da geodiversidade transcende a mera descrição de componentes físicos, abarcando a dinâmica dos processos que os moldam e as inter-relações com o ambiente biótico.

A conceituação da geodiversidade tem sido objeto de diversas abordagens, embora com pontos de convergência. Kozłowski (2004) enfatiza que a geodiversidade compreende a variedade de aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hídricos e os processos que os moldam, resultantes tanto de ações naturais quanto antrópicas.

Em uma definição amplamente aceita, Gray (2004, p. 8) descreve a geodiversidade como "a variedade natural de aspectos geológicos (minerais, rochas e fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, processos) e do solo".

Serrano e Ruiz-Flaño (2007) complementam essa visão ao destacar que a geodiversidade é composta por "elementos, processos e relações abióticas presentes em um ambiente físico".

Essa compreensão holística é crucial para a aplicação do conceito no planejamento territorial, especialmente em regiões de grande complexidade ambiental. A geodiversidade, portanto, não se restringe a uma lista estática de componentes, mas engloba a dinâmica e a interconexão desses elementos no tempo e no espaço, influenciando diretamente a paisagem.

Os elementos da geodiversidade são multifacetados e abrangem uma vasta gama de componentes do meio físico apontados no **Quadro 3** desse estudo. De acordo com Brilha (2005), eles incluem rochas, minerais, fósseis, solos, formas de relevo e os processos geológicos ativos que lhes dão origem.

Esses elementos, em sua diversidade, fornecem o substrato para a biodiversidade e influenciam diretamente os padrões de uso e ocupação do solo. A geodiversidade, assim, "engloba não só minerais e rochas, mas também fósseis, solos, formas de relevo e processos geológicos ativos que lhes dão origem" (Brilha, 2005, p. 25).

Quadro 3: Elementos da Geodiversidade e Incidência por Cursos Fluviais

Elemento da Geodiversidade	Relação com a Paisagem	Ocorrências por Curso Fluvial
Relevo	Define formas do terreno, influencia a drenagem e a ocupação humana.	Superior: acidentado Médio: ondulado Inferior: plano
Hidrografia	Organiza os fluxos hídricos, condiciona as áreas de APPs e várzeas.	Superior: nascentes Médio: canais definidos Inferior: meandros e alagados
Solos	Determina fertilidade e potencial agrícola; influencia erosão e infiltração.	Superior: rasos Médio: diversos

		Inferior: profundos e hidromórficos
Geologia	Fornece a base física e estrutural da paisagem; condiciona relevo e solo.	Superior: rochas cristalinas Médio: sedimentos arenosos Inferior: aluviões
Clima	Regula umidade e temperatura; influencia dinâmica vegetal e hídrica.	Sem variações significativas entre compartimentos
Vegetação	Cobre e protege o solo; serve como indicador de alterações antrópicas.	Superior: conservada Médio: fragmentada Inferior: substituída por uso agrícola
Fauna	Interage com a vegetação e clima; reflete equilíbrio ecológico.	Superior: rica em diversidade Médio: pressionada Inferior: reduzida
Uso e Ocupação do Solo	Modifica a paisagem natural; afeta recursos e qualidade ambiental.	Superior: baixa intervenção Médio: agricultura e expansão urbana Inferior: uso intenso
Cobertura da Terra	Indica transformação antrópica; afeta biodiversidade e equilíbrio local.	Superior: cobertura primária Médio: secundária Inferior: exposta ou urbana
Topografia	Controla declividades e acessibilidade; condiciona processos erosivos.	Superior: forte declividade Médio: ondulações Inferior: relevo plano
Altitude	Influencia gradientes ecológicos, temperatura e dinâmica hídrica.	Superior: >80 m Médio: 50-80 m Inferior: <50 m

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos resultados dos dados cartográficos.

A identificação e a valoração desses elementos são cruciais para a geoconservação e o geoturismo. Gray (2004) defende que a elaboração de mapas qualitativos e quantitativos de geodiversidade deve orientar o diagnóstico e a gestão territorial, utilizando-se de indicadores e índices que integrem múltiplos componentes físicos.

A compreensão desses elementos e sua distribuição espacial permite não apenas a conservação do patrimônio geológico, mas também o desenvolvimento de estratégias sustentáveis para o uso dos recursos naturais e a promoção do conhecimento científico e educativo sobre o ambiente abiótico.

A análise da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, conforme sistematizada no **Quadro 4**, permite a compreensão integrada das variações espaciais que configuram a fisionomia da paisagem.

Este quadro ilustra a complexidade dos compartimentos fluviais alto, médio e baixo curso, ao apresentar seus componentes abióticos, como relevo, solos, geologia, clima, hidrografia, topografia e altitude, em interligação com a cobertura vegetal e o uso e ocupação do solo, os quais, em conjunto, estruturam uma rede funcional da paisagem. Nesse contexto, como destaca Christofolletti (1980), a análise integrada é essencial para desvendar as dinâmicas que moldam esses ambientes.

A partir da análise da compartimentação, verificou-se que cada curso fluvial exibe uma composição geodiversa específica. No alto curso, predominam altitudes elevadas e um relevo acidentado, características que, segundo Stevaux e Latrubesse (2017), favorecem processos erosivos intensos e a formação de vales encaixados.

Adicionalmente, observam-se solos rasos e uma forte presença de vegetação nativa, elementos que conferem a este compartimento funções ecológicas cruciais, notadamente relacionadas à recarga hídrica e à manutenção da qualidade da água.

Em contrapartida, o médio curso apresenta uma maior diversidade de solos e formas de relevo, o que, conforme Ross (2005), reflete a transição entre os domínios de erosão e deposição. Este segmento é frequentemente caracterizado por áreas mais intensamente utilizadas para atividades agrícolas, resultando em uma maior pressão antrópica sobre os sistemas naturais.

A alteração da cobertura vegetal e o manejo do solo nesse compartimento podem influenciar diretamente a dinâmica hidrossedimentológica do rio. Por sua vez, o baixo curso distingue-se por um relevo predominantemente plano e pela intensa sedimentação, características que o tornam propenso à ocorrência de áreas alagáveis e à formação de meandros, conforme descrito por Christofolletti (1980).

O **Quadro 4**, ao evidenciar a distribuição espacial dos elementos da geodiversidade e das intervenções antrópicas, contribui significativamente para a caracterização da paisagem e o entendimento da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

A partir dessa sistematização, torna-se possível a identificação de áreas sensíveis e prioritárias para ações de conservação ou manejo sustentável, conforme preconizado por Stevaux e Latrubesse (2017). A compreensão das interações entre os componentes abióticos e bióticos é, assim, um pilar para o planejamento ambiental eficaz.

Este compartimento é marcado por uma forte ocupação urbana e rural, o que, consequentemente, gera impactos diretos na hidrologia e na conservação da vegetação nativa. A vulnerabilidade desse trecho aos processos de inundação e à degradação ambiental é, portanto, acentuada.

A distribuição heterogênea dos elementos da geodiversidade ao longo dos compartimentos fluviais demonstra a imperatividade de estratégias diferenciadas, que considerem as especificidades ecológicas e o grau de pressão antrópica em cada trecho do rio.

Figura 9: Mudança da fisionomia da paisagem no médio curso do rio Preto da Eva



Fonte: SEMTUR (2017), registro da década de 1990 a 1996.

3.4 Morfometria fluvial da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva

A sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva localiza-se no estado do Amazonas, entre as coordenadas aproximadas de 60°00'W a 59°20'W e 2°30'S a 3°10'S, abrangendo cerca de 8.400 km² e os municípios de Manaus, Presidente Figueiredo, Itacoatiara e Rio Preto da Eva.

Inserir-se em uma zona de transição hidrográfica, limitando-se, ao norte, com a sub-bacia do rio Urubu; a oeste, com a expansão urbana de Manaus; ao sul, com a Unidade de Planejamento Hidrográfico do Puraquequara e a margem esquerda do rio Amazonas; e, a leste, com tributários que deságuam diretamente na calha principal do Amazonas, configurando um corredor hídrico e ecológico estratégico.

A análise morfométrica foi realizada a partir de dados de mapeamento hidrográfico, Modelos Digitais de Elevação e imagens de sensoriamento remoto, permitindo a caracterização da rede de drenagem e da organização dos canais fluviais. A hierarquização dos cursos d'água seguiu o método de Strahler (1952, 1957), no qual a ordem dos canais é definida pelas confluências entre cursos de mesma hierarquia.

A rede de drenagem é extensa, densa e bem estruturada, típica de áreas amazônicas de transição entre planaltos dissecados e planícies fluviais, com canais que atingem até a 7ª ordem, indicando elevado grau de conectividade hidrológica, maturidade geomorfológica e consolidação do sistema fluvial, conforme os princípios de organização hierárquica de Horton (1945).

A distribuição espacial das ordens fluviais evidencia a compartimentação da paisagem. Os canais de 1ª a 3ª ordem predominam nas áreas mais elevadas do setor norte, associadas à drenagem inicial, elevada declividade e predominância de erosão vertical.

Nos setores intermediários ocorrem canais de 4ª e 5ª ordem, caracterizados por maior sinuosidade, alargamento do vale e alternância entre erosão lateral e deposição. Nas porções mais rebaixadas, próximas à foz no rio Amazonas, concentram-se os canais de 6ª e 7ª ordem, com menor declividade, maior largura, menor ramificação e predominância de processos deposicionais.

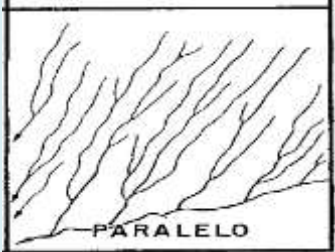
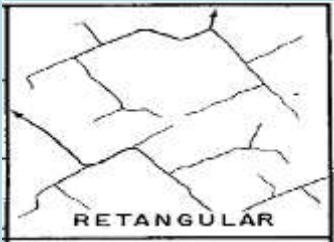
A dinâmica fluvial foi interpretada a partir da abordagem funcional de Bigarella (1990), que compreende os canais como formas dinâmicas resultantes da interação entre processos erosivos e deposicionais. Nessa perspectiva, a sub-bacia organiza-se em canais de cabeceira (1ª a 3ª ordem), intermediários (4ª e 5ª ordem) e de baixa energia (6ª e 7ª ordens), associados, respectivamente, à erosão vertical, à transição erosão-deposição e à deposição de sedimentos finos, com desenvolvimento de planícies de inundação e elevada maturidade morfológica (Suguio; Bigarella, 1990).

As variações altimétricas da sub-bacia oscilam aproximadamente entre 200 m nas áreas de cabeceira, ao norte, e 30 m nas planícies do setor sul. Os setores mais elevados apresentam declividades acentuadas, favorecendo o escoamento superficial rápido e o transporte de sedimentos, enquanto as áreas rebaixadas concentram várzeas e planícies fluviais associadas à calha do rio Amazonas, caracterizadas por solos hidromórficos e intensa dinâmica de inundação sazonal.

A relação entre compartimentação morfométrica, ordens de canais e padrões de drenagem permite uma leitura integrada da dinâmica hidrográfica da sub-bacia do rio Preto da Eva. Predomina o padrão dendrítico, caracterizado por redes ramificadas associadas a substrato geológico relativamente homogêneo, relevo suavemente ondulado e baixa influência tectônica, nas quais o escoamento superficial acompanha os declives naturais do terreno (Christofolletti, 1980).

Localmente, esse padrão é modificado pela influência estrutural, especialmente em áreas de escarpas, transições litológicas e zonas de falhamento, onde ocorrem padrões paralelos e retangulares, expressos por canais com traçados retilíneos ou ortogonais, sobretudo em ordens secundárias e terciárias. Essas variações ao longo do gradiente altimétrico refletem o controle geológico e topográfico sobre a organização espacial da rede de drenagem, conforme sistematizado no Quadro 5.

Quadro 4: Padrão de Drenagem e Caracterização Hidrogeomorfológica

CURSO	ORDENS	PADRÕES	CARACTERÍSTICAS	FORMAS
Superior	1ª, 2ª	Dendrítico (principal) e alguns segmentos paralelos	Rede densa, canais pequenos, ramificados e fortemente encaixados	
Médio	2ª, 3ª, 4ª	Dendrítico, Paralelo e possível Retangular	Rede mais organizada, com canais principais bem definidos	
Inferior	4ª, 5ª, 6ª, 7ª	Dendrítico ampliado, Paralelo e Retangular	Canais largos e contínuos, com menor densidade de tributários laterais	

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base em Christofolletti (1980) e nos resultados das análises das bases cartográficas da pesquisa.

A conectividade hidrológica da sub-bacia do rio Preto da Eva é condicionada pelo predomínio do padrão de drenagem dendrítico, que favorece a integração entre canais de diferentes ordens e o transporte de água e sedimentos, típico de áreas com litologia relativamente homogênea e relevo suavemente dissecado.

Contudo, essa organização é localmente modificada por controles geológicos e estruturais. Conforme Suguio e Bigarella (1990, p. 13), a diversidade genética dos rios antecedentes, superimpostos, consequentes, subsequentes, obsequentes, ressequentes e insequentes evidencia a multiplicidade de origens e evoluções dos traçados fluviais.

Em setores associados a escarpas, falhas e transições litológicas, ocorrem padrões paralelos e retangulares, resultantes da influência de fraturas, lineamentos e contrastes litológicos, configurando um controle estrutural parcial da drenagem.

Além disso, a fisiografia fluvial reflete não apenas processos naturais, mas também a reorganização da paisagem decorrente do uso e da ocupação do solo (Pachêco, 2013). As

variações nos padrões de drenagem e nas ordens fluviais ao longo do perfil longitudinal indicam uma paisagem em contínuo ajuste morfodinâmico, cuja expressão se evidencia na morfologia dos canais fluviais, analisada na seção seguinte.

3.5 Canais fluviais na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva

A análise da rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva revela uma configuração típica de sistemas fluviais desenvolvidos em ambientes tropicais úmidos, caracterizados por elevada densidade de canais, forte ramificação e acentuada hierarquização hidrológica. Foram mapeados 20.656 canais fluviais, distribuídos em sete ordens hierárquicas, segundo o método de Strahler (1952), evidenciando uma rede hidrográfica densa, complexa e estruturalmente organizada.

A Tabela 1 sintetiza a distribuição dos canais por ordem hierárquica nos compartimentos do curso superior, médio e baixo.

Tabela 1: Ordem Hierárquica e Curso Fluvial da SBH do rio Preto da Eva

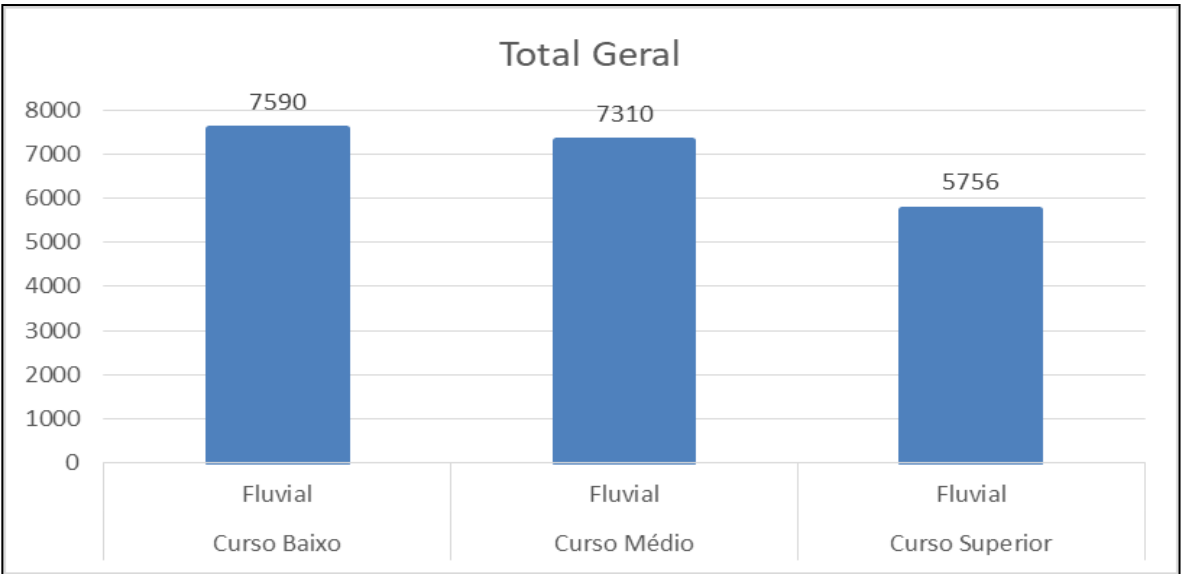
Ordem Hierárquica	Curso Baixo Fluvial	Curso Médio Fluvial	Curso Superior Fluvial	Total
1	3956	3795	3001	10754
2	1735	1697	1327	4763
3	994	906	731	2637
4	460	504	390	1362
5	253	252	181	696
6	36	44	126	218
7	156	112	—	282
Total Geral	7590	7310	5756	20656

Fonte: Elaborado por Martins (2025), com base nos resultados das análises das bases cartográficas da pesquisa.

Os dados demonstram o predomínio absoluto dos canais de primeira ordem, com 10.754 trechos, correspondendo a mais de 52% do total da rede. Essa expressiva concentração, visualizada no **Gráfico 1**, indica alta densidade de drenagem e forte controle do relevo, da litologia e da baixa capacidade de infiltração dos solos, fatores que favorecem o

escoamento superficial direto (Tucci, 1997; 2006).

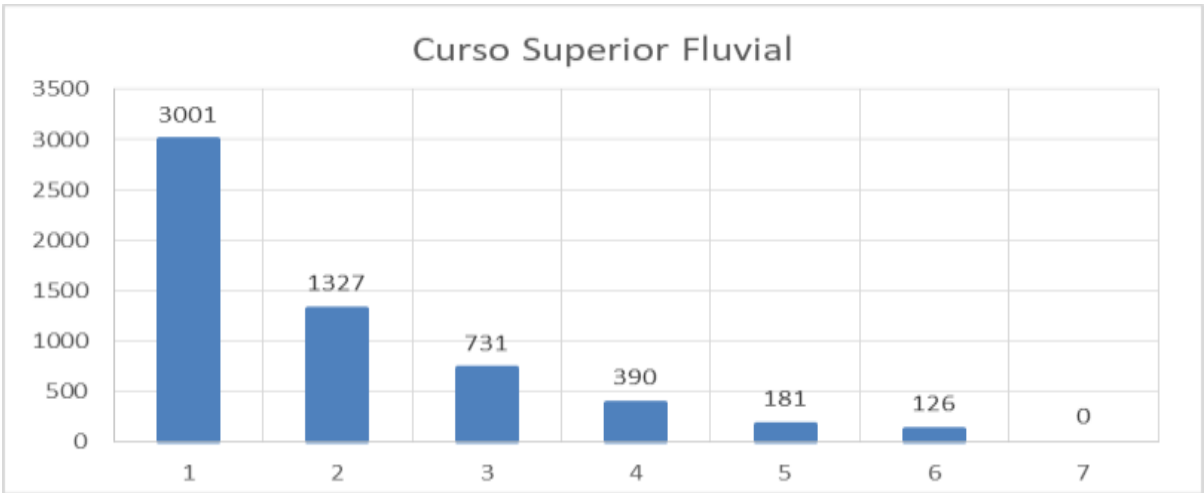
Gráfico 1: Ordem Hierárquica dos canais fluviais por curso



Fonte: Elaborado por Martins (2023).

A distribuição decrescente do número de canais à medida que aumenta a ordem — 2ª ordem (4.763), 3ª (2.637), 4ª (1.362), 5ª (696), 6ª (218) e 7ª (282) — segue o comportamento hierárquico típico das redes de drenagem naturais, conforme descrito por Christofolletti (1980), no qual a redução progressiva do número de canais indica maior capacidade de integração hidrológica e aumento da vazão nos eixos principais.

Gráfico 2: Ordem curso superior



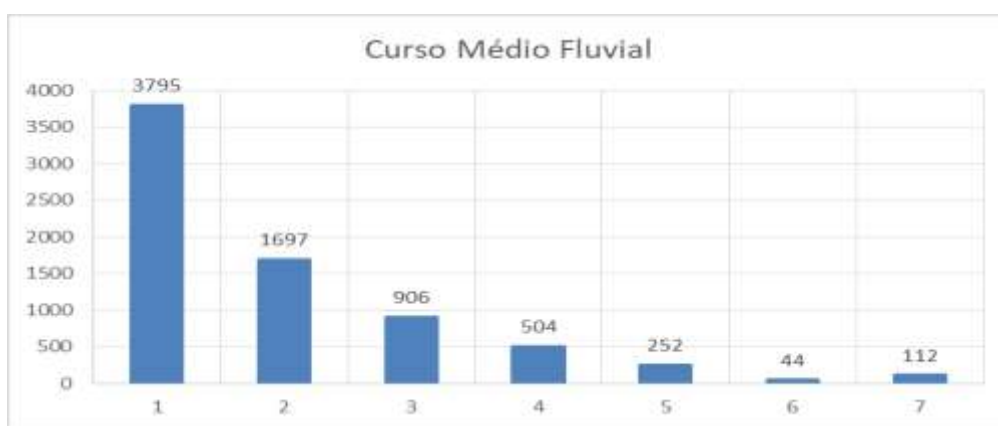
Fonte: Elaborado por Martins (2023).

O **Gráfico 2** (Curso Superior) indica 5.756 canais, com maior concentração relativa de canais de 6ª ordem (126) e ausência de canais de 7ª ordem. Essa configuração reflete áreas de

maior controle estrutural e topográfico, com menor grau de ramificação, mas com canais mais energéticos, capazes de transportar maiores cargas sedimentares, reforçando o papel geomorfológico do alto curso na escultura da paisagem fluvial.

No Gráfico 3 (Curso Médio), observa-se um comportamento semelhante, com 7.310 canais, dos quais 3.795 são de primeira ordem. A presença expressiva das ordens intermediárias (2ª e 3ª) evidencia o papel integrador desse compartimento, responsável pela conexão funcional entre as cabeceiras e os canais principais, conforme destacado por Tucci (2006) ao tratar da dinâmica hidrológica de bacias tropicais.

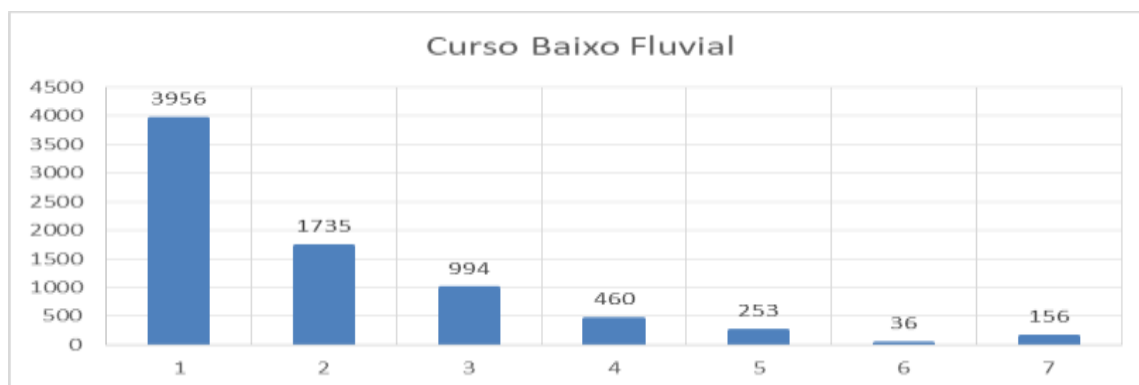
Gráfico 3: Ordem do curso médio



Fonte: Elaborado por Martins (2023).

Já o **Gráfico 4 (Curso Inferior)** mostra que o baixo curso concentra **7.590 canais**, com forte predominância da primeira ordem (3.956 trechos). Esse padrão sugere áreas de relevo suavemente ondulado a dissecado, com intensa ramificação de microdrenagens e alta suscetibilidade a processos de erosão laminar e ravinamento, sobretudo em áreas sob uso agrícola ou urbano (Christofolletti, 1980).

Gráfico 4: Ordem curso inferior



Fonte: Elaborado por Martins (2023).

A presença de 218 canais de sexta ordem e 282 de sétima ordem, evidenciada na Tabela 1 e no Gráfico 1, demonstra um sistema fluvial bem estruturado, com elevado grau de organização espacial. Esses canais de alta ordem constituem os principais eixos coletores da sub-bacia, desempenhando papel estratégico na conectividade ecológica, no transporte de sedimentos, na manutenção da biodiversidade aquática e na definição de áreas prioritárias para a proteção ambiental, especialmente as Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Conforme Strahler (1952), a hierarquização fluvial expressa a lógica interna de organização dos sistemas de drenagem, enquanto Christofolletti (1980) destaca que a análise por ordens permite compreender o comportamento hidrológico e geomorfológico da bacia, subsidiando estratégias de planejamento e gestão ambiental. Em contextos amazônicos, como o da sub-bacia do rio Preto da Eva, essa abordagem é ainda mais relevante, pois a intensa interação entre clima, relevo, solos e uso da terra potencializa a complexidade dos processos fluviais (Tucci, 1997; 2006).

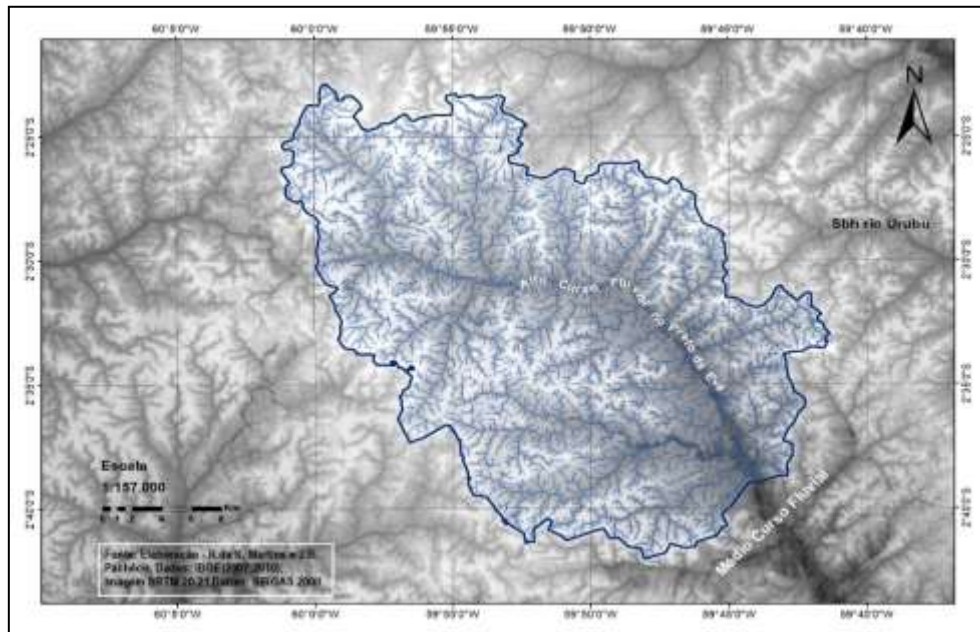
Assim, evidencia-se que a sub-bacia do rio Preto da Eva apresenta uma rede hidrográfica densamente ramificada, hierarquicamente organizada e funcionalmente integrada, cujos padrões morfométricos refletem não apenas sua dinâmica natural, mas também sua vulnerabilidade frente às pressões antrópicas, reforçando a importância da gestão territorial orientada pelos sistemas fluviais.

3.5.1 Caracterização hidrogeomorfológica dos cursos fluviais da sub-bacia do rio Preto da Eva

Para fins analíticos, os dados foram organizados por compartimentos fluviais: curso superior, médio e inferior e por ordens hierárquicas, conforme apresentado na **Mapa 15**. Essa estruturação permite analisar, de forma integrada, as dinâmicas hidrológicas específicas de cada segmento do sistema fluvial.

A análise da paisagem em bacias hidrográficas permite compreender de forma integrada as interações entre os elementos físicos, bióticos e antrópicos, sendo a bacia a unidade fundamental para o planejamento ambiental e a gestão dos recursos hídricos (Lopes et al., 2020). A paisagem, por sua vez, configura-se como um sistema dinâmico de relações socionaturais historicamente construídas (Neves et al., 2021; Trombeta, 2019).

Mapa 15: Curso Fluvial Superior do rio Preto da Eva

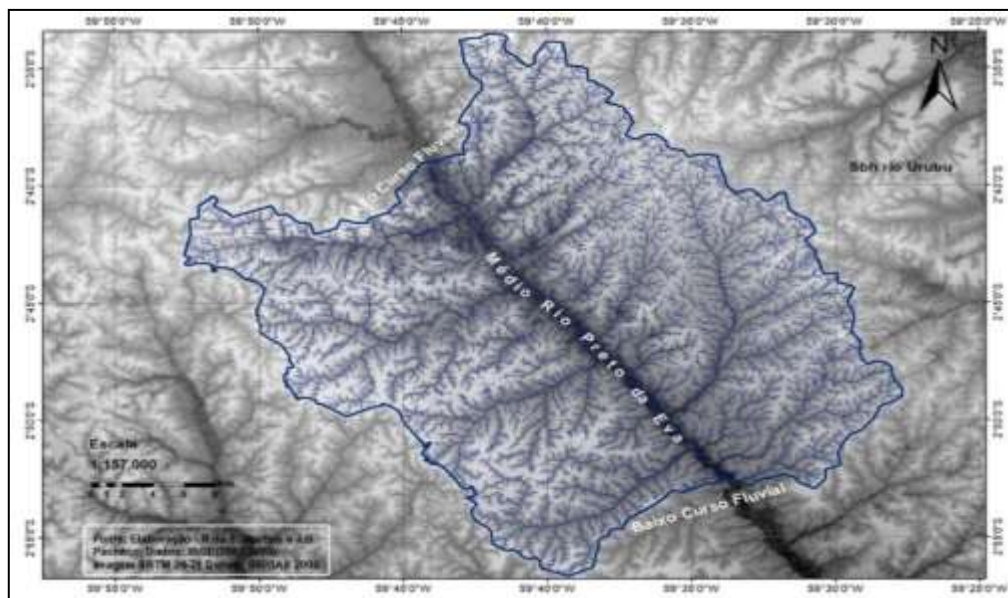


Fonte: Elaborado por Martins (2023).

No curso superior da sub-bacia do rio Preto da Eva, a montante da rodovia AM-010, predominam altitudes entre 50 e 150 m, relevo dissecado, colinas de baixa amplitude e ampla cobertura vegetal. A drenagem apresenta padrão subdendrítico, com controle estrutural por lineamentos NW–SE e NE–SW, que orientam os canais (Carvalho, 2013). Os solos dominantes, Latossolos Amarelos distróficos, Espodossolos hidromórficos e Neossolos quartzarênicos, possuem baixa fertilidade e alta suscetibilidade à erosão, exigindo manejo adequado (Silva, 2021). A manutenção das florestas assegura conectividade ecológica, proteção de nascentes e estabilidade morfodinâmica, configurando esse compartimento como área prioritária para conservação (Christofolletti, 1980; Stevaux; Latrubesse, 2017).

No curso médio, a paisagem caracteriza-se por maior diversidade de solos e formas de relevo, associada à intensificação dos usos agropecuários e à expansão urbana. Essa condição de transição intensifica pressões sobre os ecossistemas, alterando a dinâmica hidrossedimentológica e a qualidade dos recursos hídricos (Guerra; Cunha, 2001). A leitura integrada desse trecho permite identificar conflitos de uso e orientar práticas de manejo sustentável (Faria et al., 2021).

Mapa 16: Curso Fluvial Médio do rio Preto da Eva



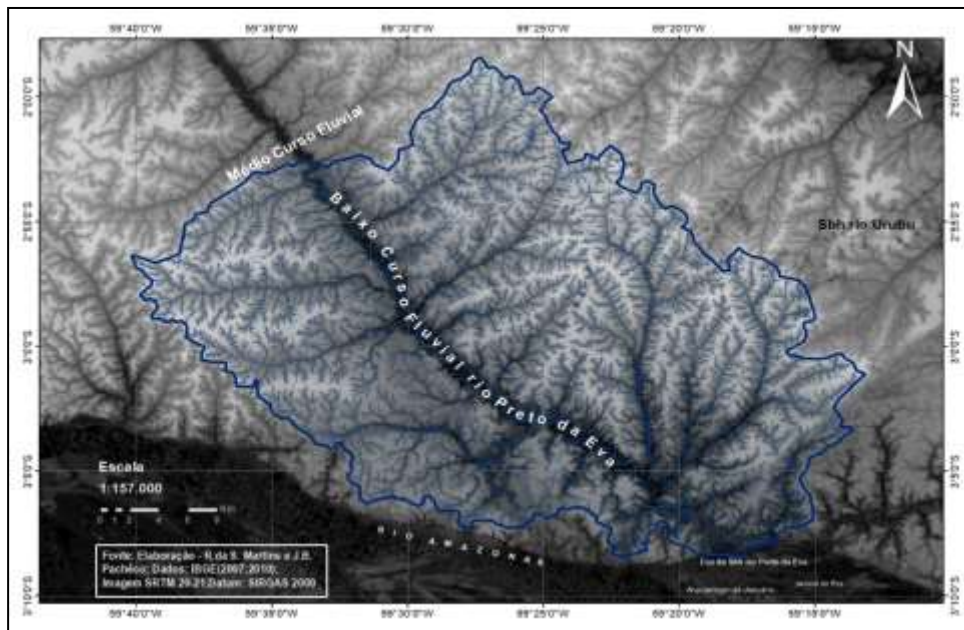
Fonte: Elaborado por Martins (2023).

Essas dinâmicas confirmam que o curso médio da sub-bacia do rio Preto da Eva atua como zona de transição e amortecimento hidrossedimentológico, no qual se intensificam os impactos gerados a montante e se reorganizam os fluxos fluviais a jusante. A impermeabilização do solo, associada à expansão urbana e à conversão da vegetação em pastagens e cultivos, reduz a infiltração e eleva o escoamento superficial, favorecendo picos de vazão, erosão concentrada e assoreamento (Tucci, 2006).

A degradação das margens e a ausência de drenagem urbana adequada intensificam a instabilidade geomorfológica e alteram o balanço hídrico local, ampliando riscos de enchentes e perda de qualidade ambiental (Cunha; Guerra, 2003). Esses processos são agravados pelo lançamento de esgoto doméstico e pela poluição difusa, que comprometem a biodiversidade aquática e a saúde pública (Silva, 2021; Falcão, 2022).

Diante desse cenário, o curso médio configura-se como área prioritária para ações integradas de planejamento territorial, recuperação de matas ciliares e implantação de sistemas de drenagem sustentável, visando à restauração da funcionalidade ambiental da paisagem (Cunha; Guerra, 2003; Tucci, 2006).

Mapa 17: Curso Fluvial Inferior do rio Preto da Eva



Fonte: Elaborado por Martins (2023).

O curso inferior da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva caracteriza-se por relevo predominantemente plano, elevada deposição sedimentar e extensas áreas sazonalmente alagáveis, em razão da proximidade com a foz no rio Amazonas. Esse compartimento insere-se em ambiente típico de várzeas e planícies fluviais da Amazônia Central, onde predominam processos de sedimentação ativa e dinâmica hidrológica sazonal.

A rede de drenagem apresenta maior amplitude e organização hierárquica, com predomínio de canais de ordens superiores, largos e contínuos, e menor densidade de tributários de baixa ordem. Esse padrão indica um sistema fluvial em estágio avançado de maturidade morfogenética. A configuração da drenagem é essencialmente dendrítica, com influências locais dos padrões paralelo e retangular, associadas ao relevo suavizado e ao controle estrutural do substrato geológico (Ross, 2005; Soares et al., 2020).

A ocupação urbana e rural intensifica-se nesse compartimento, impondo desafios à gestão ambiental, especialmente quanto ao controle de inundações, à qualidade da água e à conservação da vegetação nativa. A análise integrada da paisagem torna-se, portanto, fundamental para o planejamento territorial e a recuperação de áreas degradadas (Cunha; Guerra, 2003).

Sob a perspectiva socioambiental, o curso inferior abriga um mosaico de comunidades tradicionais e ecossistemas aquáticos com forte vocação para a pesca artesanal e esportiva. A implementação do Acordo de Pesca do Baixo Rio, por meio da Instrução Normativa SDS nº

01/2015, instituiu a gestão participativa de 74.222,81 ha, beneficiando cerca de 300 famílias ribeirinhas e promovendo o uso sustentável da ictiofauna (GOVERNO DO AMAZONAS, 2015). Paralelamente, o curso inferior consolidou-se como polo emergente da pesca esportiva do tucunaré, com a instalação de pousadas especializadas nas margens do rio Preto e de igarapés adjacentes, dinamizando a economia local (Semacetur, 2025).

A coexistência entre pesca artesanal, turismo de base ecológica e instrumentos de manejo participativo revela uma rede complexa de interações socioambientais, cuja sustentabilidade depende da implementação de políticas públicas integradas. Nesse sentido, torna-se imprescindível fortalecer a proteção das Áreas de Preservação Permanente, regulamentar o uso de embarcações motorizadas em áreas sensíveis e assegurar o equilíbrio entre uso econômico e conservação dos recursos hídricos (Falcão, 2022).

Assim, as unidades de paisagem da sub-bacia do rio Preto da Eva expressam diferentes graus de organização da geodiversidade e distintas formas de apropriação do território, configurando um sistema dinâmico e interdependente. A leitura integrada da paisagem, baseada em unidades espaciais, constitui instrumento fundamental para o planejamento ambiental, ao permitir a identificação de áreas prioritárias para conservação, manejo e ordenamento territorial em contextos amazônicos (Neves et al., 2021; Trombeta, 2019).

CONSIDERAÇÕES

A análise da paisagem da geodiversidade na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, à luz do Tetraedro da Complexidade de Edgar Morin, evidenciou que os sistemas natural, social, econômico e institucional se articulam de forma dinâmica, não linear e interdependente na produção e transformação do território.

A geodiversidade expressa pelo relevo, pelos solos, pelas estruturas geológicas, pela hidrografia e pelos processos morfodinâmicos configura o vértice estruturante do sistema natural, condicionando tanto a distribuição dos ecossistemas quanto as possibilidades e limites das práticas antrópicas ao longo do continuum fluvial.

A compartimentação da sub-bacia em cursos superior, médio e inferior revelou unidades de paisagem que materializam diferentes arranjos entre os vértices do tetraedro. No curso superior, a predominância de atributos físicos preservados indica maior equilíbrio entre os sistemas natural e institucional, assegurando funções estratégicas como a recarga aquífera e a estabilidade geomorfológica.

No curso médio, a intensificação das atividades agropecuárias e da expansão urbana evidencia tensões entre os sistemas econômico e ambiental, refletidas em processos erosivos e degradação hidrossedimentológica. No curso inferior, a coexistência entre comunidades tradicionais, pesca artesanal e turismo de base ecológica revela interações complexas entre os sistemas social, econômico e natural, mediadas por instrumentos institucionais de governança territorial.

Os resultados demonstram que a pressão antrópica se distribui de maneira desigual na sub-bacia, refletindo desequilíbrios na articulação entre os vértices do Tetraedro da Complexidade. Quando o sistema econômico se impõe de forma dissociada dos limites físicos impostos pela geodiversidade, observa-se comprometimento da resiliência da paisagem, da funcionalidade dos sistemas fluviais e da provisão de serviços ecossistêmicos.

Por outro lado, experiências de gestão participativa, como os acordos de pesca no curso inferior, indicam potencial de recomposição do equilíbrio sistêmico por meio da integração entre conhecimento local, regulação institucional e conservação ambiental.

Conclui-se que a gestão da sub-bacia do rio Preto da Eva requer uma abordagem sistêmica fundamentada na complexidade, na qual a geodiversidade seja reconhecida como base física e estruturante do território.

A aplicação do Tetraedro da Complexidade orienta a proposição de estratégias integradas, como o zoneamento geodiverso, a manutenção da conectividade entre unidades de paisagem, o monitoramento morfodinâmico contínuo e a educação ambiental, como instrumentos essenciais para harmonizar conservação ambiental, desenvolvimento socioeconômico e governança territorial em contexto amazônico.

CAPÍTULO IV – GEOCENÁRIOS DA PAISAGEM NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO DA EVA SOB A PERSPECTIVA DOS SISTEMAS COMPLEXOS

Este capítulo constitui a etapa integradora da pesquisa, reunindo os resultados obtidos nos capítulos anteriores para interpretar a evolução espaço-temporal da paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

A análise fundamenta-se na compreensão da geodiversidade como sistema complexo, articulando geodiversidade, biodiversidade, dinâmica hidrogeomorfológica, uso e cobertura da terra, conectividade funcional e processos socioeconômicos para explicar a organização da paisagem entre 1985 e 2023. Assim, os geocenários da paisagem representam a síntese conceitual e metodológica da investigação, e não um ponto de partida analítico.

Essa abordagem apoia-se na concepção de que a paisagem corresponde a um sistema ambiental aberto, dinâmico e adaptativo, cujas transformações decorrem da interação contínua entre componentes físicos, biológicos e antrópicos.

Sob essa perspectiva, a evolução da paisagem resulta de processos de interdependência, retroalimentação e reorganização, conforme a teoria dos sistemas complexos (Morin, 2005; Christofolletti, 1999), convergindo com a interpretação sistêmica proposta por Bertrand e Bertrand (2007), Tricart (1977), Sotchava (1977) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

Na estrutura desta tese, a geodiversidade constitui a base organizadora da paisagem, condicionando os processos ecológicos, hidrológicos e as formas de uso do espaço geográfico. Consequentemente, as alterações observadas na cobertura da terra, na conectividade funcional e na dinâmica hidrogeomorfológica são interpretadas como respostas sistêmicas produzidas pelas interações entre os componentes ambientais e as ações antrópicas.

A literatura registra avanços importantes na construção de cenários ambientais e de uso da terra aplicados ao planejamento e à gestão ambiental (Verburg et al., 2006; Bohnet; Smith, 2010; Geneletti, 2012; Gomes et al., 2020; Oriol et al., 2024; Zeng; Wu; Chen, 2024), bem como no emprego do conceito de geocenários em diferentes contextos de ensino e análise espacial (Araújo; Martins Neto, 2021; García De La Vega, 2022; Ferreira; Martins; Brandão, 2025).

Entretanto, na literatura consultada não foi identificada uma abordagem que integre, em uma única estrutura analítica, Ciência da Paisagem, Geodiversidade, Geoecologia da

Paisagem, Sistemas Complexos, cartografia multitemporal, indicadores ambientais, redes da complexidade e prospectiva espacial aplicadas à interpretação da evolução da paisagem.

Diante dessa lacuna, esta tese propõe os Geocenários da Paisagem como uma abordagem conceitual e metodológica desenvolvida a partir da integração entre fundamentos teóricos e evidências empíricas produzidas na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Os geocenários da paisagem são compreendidos como representações analíticas, sistêmicas e multitemporais dos estados sucessivos de organização da paisagem, permitindo reconstruir configurações pretéritas, diagnosticar a condição atual e analisar trajetórias futuras plausíveis, sem atribuir caráter determinístico às projeções.

A construção dos geocenários fundamenta-se na integração entre sensoriamento remoto, cartografia multitemporal, geoprocessamento, matrizes analíticas, indicadores ambientais, análises estatísticas e observações de campo. Esses procedimentos constituem mecanismos de interpretação sistêmica que relacionam padrões espaciais, processos hidrogeomorfológicos, conectividade funcional, vulnerabilidades e resiliência, conferindo consistência à análise da evolução da paisagem.

O capítulo organiza-se em três dimensões complementares. A primeira apresenta os fundamentos conceituais e metodológicos dos geocenários da paisagem. A segunda reconstrói a evolução da paisagem entre 1985 e 2023 por meio da integração entre mapas multitemporais, matrizes analíticas, indicadores normalizados e compartimentação fluvial.

A terceira desenvolve o diagnóstico do geocenário atual e a construção dos geocenários prospectivos, considerando tendências observadas, fatores motores, vulnerabilidades, capacidade de resiliência e diferentes níveis de governança ambiental.

Ao integrar retrospectiva, diagnóstico e prospectiva em uma mesma estrutura interpretativa, este capítulo consolida a principal contribuição da pesquisa: demonstrar que a evolução da paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva pode ser compreendida por meio de uma abordagem sistêmica que articula Geodiversidade, dinâmica hidrogeomorfológica, uso e cobertura da terra, redes da complexidade e prospectiva ambiental.

Dessa integração resulta a proposição dos Geocenários da Paisagem como instrumento conceitual e metodológico para interpretar a reorganização do espaço geográfico e subsidiar o planejamento ambiental e a gestão integrada de bacias hidrográficas.

4.1 Construção e fundamentação dos geocenários da paisagem

A intensificação das transformações ambientais observadas nas últimas décadas evidencia a necessidade de abordagens científicas capazes de interpretar a paisagem para além da descrição isolada de seus componentes naturais ou das mudanças decorrentes das ações humanas. A expansão das atividades agropecuárias, a urbanização, a implantação de infraestrutura, as alterações hidrológicas e as mudanças no uso e na cobertura da terra modificam continuamente a organização do espaço geográfico, produzindo novas configurações ambientais cuja compreensão demanda modelos analíticos integradores, capazes de articular processos físicos, ecológicos, socioeconômicos e institucionais em diferentes escalas espaciais e temporais (Bertrand; Bertrand, 2007; Christofolletti, 1999; Santos, 2008).

A Geografia, desde sua consolidação como ciência, tem atribuído à paisagem papel central na interpretação do espaço geográfico. As primeiras abordagens desenvolvidas por Alexander von Humboldt compreenderam a paisagem como expressão da integração entre os elementos naturais observados na superfície terrestre. Posteriormente, Carl Troll ampliou essa concepção ao incorporar a dimensão ecológica e a análise funcional das relações entre os componentes ambientais, estabelecendo as bases da Ecologia da Paisagem. Essas contribuições foram aprofundadas por Georges Bertrand, que passou a compreender a paisagem como resultado das relações dinâmicas entre elementos físicos, biológicos e sociais, organizados em um sistema complexo e permanentemente transformado pela interação entre natureza e sociedade (Bertrand; Bertrand, 2007).

No contexto da Geografia brasileira, Milton Santos (2008) amplia essa interpretação ao definir o espaço geográfico como um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações, enfatizando que as formas espaciais somente podem ser compreendidas a partir dos processos históricos, técnicos, econômicos e sociais que lhes conferem significado.

Sob essa perspectiva, a paisagem representa a materialização visível dessas relações, constituindo uma expressão temporária do espaço geográfico em permanente transformação. Essa concepção aproxima-se da Geoecologia da Paisagem proposta por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), segundo a qual a paisagem deve ser interpretada como um geossistema organizado por fluxos de matéria, energia e informação, cujos componentes mantêm relações funcionais de interdependência.

A interpretação sistêmica da paisagem também encontra fundamento na Teoria Geral

dos Sistemas proposta por Bertalanffy (1975), segundo a qual sistemas ambientais são constituídos por elementos interdependentes que estabelecem relações dinâmicas entre si.

Na Geografia Física, essa perspectiva foi incorporada por Tricart (1977), ao desenvolver a abordagem ecodinâmica, demonstrando que os processos geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos evoluem por meio de mecanismos de equilíbrio dinâmico continuamente influenciados pelas ações naturais e antrópicas.

Christofoletti (1999) complementa essa interpretação ao evidenciar que os sistemas ambientais funcionam mediante fluxos permanentes de matéria, energia e informação, responsáveis pela integração entre seus diferentes compartimentos.

Essa compreensão é ampliada pelo pensamento complexo de Morin (2005), para quem os sistemas naturais e sociais evoluem mediante relações não lineares, processos de retroalimentação, auto-organização e emergência. Assim, as transformações da paisagem não decorrem de relações simples de causa e efeito, mas de múltiplas interações estabelecidas entre componentes físicos, biológicos e sociais.

Alterações localizadas podem desencadear respostas em diferentes escalas espaciais e temporais, produzindo reorganizações sucessivas do espaço geográfico. Essa perspectiva constitui um dos fundamentos epistemológicos desta pesquisa, ao permitir compreender a paisagem como um sistema complexo em permanente evolução.

Entre os componentes estruturantes da paisagem, a geodiversidade desempenha papel fundamental na organização do espaço geográfico. Gray, Gordon e Brown (2013) demonstram que geologia, geomorfologia, relevo, solos, hidrografia e demais elementos abióticos não representam apenas o suporte físico da biodiversidade, mas constituem componentes ativos da funcionalidade ambiental, condicionando a circulação da água, a produção e o transporte de sedimentos, a estabilidade das vertentes, a distribuição dos ecossistemas e a oferta de serviços ecossistêmicos.

Dessa forma, a geodiversidade deve ser compreendida como elemento estruturador da dinâmica da paisagem e não apenas como inventário de formas e materiais geológicos.

Na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que a geodiversidade condiciona diretamente a organização da drenagem, a distribuição dos compartimentos geomorfológicos, a dinâmica dos solos, os processos erosivos e a ocupação humana.

As diferenças observadas entre os cursos superior, médio e inferior demonstram que a evolução da paisagem resulta da interação contínua entre fatores naturais e intervenções

antrópicas, produzindo configurações espaciais distintas ao longo da bacia hidrográfica. Essas evidências reforçam a necessidade de interpretações que integrem os componentes físicos às transformações produzidas pelas formas de uso e ocupação do espaço geográfico.

Nessa direção, Ferreira, Martins e Brandão (2025) propõem o Geocenário da Paisagem como instrumento de interpretação das interações entre elementos naturais e antropogênicos, articulando relevo, clima, hidrografia, solos, vegetação e intervenções humanas por meio de análises espaciais e temporais apoiadas em geoprocessamento, sensoriamento remoto e cartografia temática.

Os autores demonstram que a construção dos geocenários deve integrar levantamento dos componentes naturais, identificação das transformações antrópicas, análise comparativa de diferentes períodos históricos e avaliação dos impactos ambientais, permitindo compreender as relações entre permanências, mudanças e conflitos na organização da paisagem (Ferreira; Martins; Brandão, 2025).

Apesar das contribuições existentes, a revisão da literatura demonstra que o conceito de geocenário ainda não apresenta uma estrutura teórica consolidada para a interpretação integrada da dinâmica da paisagem em bacias hidrográficas.

Os estudos identificados concentram-se, predominantemente, em aplicações cartográficas, didáticas ou em modelos de simulação do uso e cobertura da terra (Araújo; Martins Neto, 2021; García De La Vega, 2022; Geneletti, 2012; Gomes et al., 2020). Embora relevantes, essas abordagens não incorporam, de maneira simultânea, a geodiversidade, a conectividade hidrológica, os processos hidrogeomorfológicos, a governança ambiental e os princípios dos sistemas complexos em uma mesma estrutura analítica.

Diante dessa lacuna, propõe-se uma abordagem conceitual e metodológica original no contexto desta pesquisa, fundamentada na integração entre Ciência da Paisagem, Geodiversidade, Geoecologia da Paisagem, Sistemas Complexos e modelagem de cenários ambientais, cuja combinação de componentes não foi identificada na literatura consultada.

Essa proposição não reivindica o ineditismo absoluto do termo geocenário, mas apresenta uma nova articulação teórica construída a partir da convergência entre referenciais científicos consolidados e resultados empíricos obtidos na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. Essa postura preserva o rigor epistemológico, reconhece as contribuições anteriores e delimita claramente a contribuição científica desta tese.

4.2 Estado da arte e lacunas científicas dos geocenários da paisagem

A consolidação do conceito de Geocenários da Paisagem exige, inicialmente, a compreensão do estado atual do conhecimento científico sobre a utilização dos cenários aplicados à Geografia, às Ciências Ambientais e ao planejamento ambiental.

Embora a literatura internacional apresente significativo avanço na modelagem de cenários voltados às mudanças do uso e da cobertura da terra, às projeções ambientais e às simulações espaciais, observa-se que esses estudos permanecem, em grande parte, direcionados à representação de tendências futuras, privilegiando variáveis específicas e modelos quantitativos de previsão (Verburg et al., 2006; Bohnet; Smith, 2010; Geneletti, 2012; Gomes et al., 2020).

Essas pesquisas contribuíram para o desenvolvimento de métodos capazes de simular diferentes trajetórias de evolução do espaço geográfico, incorporando fatores socioeconômicos, ambientais e institucionais em modelos espaciais. Entretanto, a maior parte dessas abordagens concentra-se na dinâmica do uso e da cobertura da terra, considerando a paisagem principalmente como superfície de representação cartográfica, sem incorporar explicitamente sua organização sistêmica, os condicionantes da geodiversidade, os processos hidrogeomorfológicos e os mecanismos de conectividade funcional que estruturam a dinâmica das bacias hidrográficas.

Em revisão recente sobre planejamento por cenários, Oriol et al. (2024) destacam que os cenários constituem instrumentos estratégicos para apoiar processos decisórios em contextos de elevada incerteza ambiental, permitindo explorar diferentes possibilidades de evolução dos sistemas socioecológicos. Entretanto, os autores reconhecem que a maior parte das metodologias permanece orientada à análise prospectiva, com reduzida integração entre processos históricos, funcionamento atual e dinâmicas naturais que condicionam as transformações ambientais.

Na Geografia, observa-se situação semelhante. Os Geocenários Digitais, propostos por Araújo e Martins Neto (2021), representam importante contribuição metodológica ao integrar cartografia digital, geotecnologias e visualização tridimensional da paisagem, favorecendo o ensino e a interpretação espacial.

Entretanto, essa abordagem concentra-se na representação digital dos fenômenos geográficos, não propondo um modelo conceitual voltado à interpretação integrada da evolução dos sistemas paisagísticos.

Da mesma forma, García de la Vega (2022) emprega o conceito de GeoScenario como estratégia didática para aprendizagem baseada em problemas, utilizando unidades espaciais representativas para estimular a análise geográfica em ambientes educacionais. Embora essa proposta reconheça a importância das relações entre sociedade e natureza, seu objetivo permanece centrado no processo de ensino-aprendizagem, diferindo da finalidade analítica e metodológica adotada nesta pesquisa.

No contexto brasileiro, Ferreira, Martins e Brandão (2025) apresentam contribuição significativa ao compreenderem o Geocênario da Paisagem como instrumento destinado à interpretação integrada das interações entre elementos naturais e antropogênicos. Os autores demonstram que a análise dos geocênarios deve articular levantamentos ambientais, comparação temporal, geoprocessamento, sensoriamento remoto e avaliação das transformações da paisagem, constituindo importante avanço para a aplicação da abordagem em estudos ambientais.

Embora essas contribuições representem avanços relevantes, a literatura consultada evidencia que ainda não existe uma estrutura conceitual suficientemente consolidada para interpretar os Geocênarios da Paisagem como categoria analítica aplicada à evolução dos sistemas paisagísticos em bacias hidrográficas.

Observa-se que as diferentes abordagens permanecem fragmentadas, concentrando-se na representação cartográfica, na modelagem espacial, na simulação de mudanças do uso da terra ou em aplicações didáticas, sem integrar, simultaneamente, a geodiversidade, a biodiversidade, a conectividade hidrológica, os processos hidrogeomorfológicos, os fatores socioeconômicos, a governança ambiental e os princípios dos sistemas complexos.

Essa lacuna torna-se ainda mais evidente quando se analisa a produção científica relacionada à Geografia Física e à Geoecologia da Paisagem. Embora autores como Bertrand e Bertrand (2007), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017), Christofolletti (1999) e Tricart (1977) apresentem sólida fundamentação sobre a organização sistêmica da paisagem, essas contribuições não foram articuladas, até o momento, com as metodologias contemporâneas de construção de cenários espaciais, permanecendo como referenciais paralelos no desenvolvimento das pesquisas ambientais.

Além disso, a literatura demonstra que a geodiversidade, reconhecida por Gray, Gordon e Brown (2013) como elemento estruturador dos sistemas ambientais, ainda é pouco incorporada aos modelos de cenários utilizados na Geografia. Em geral, esses modelos privilegiam alterações na cobertura da terra e indicadores de uso do solo, enquanto os

processos geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos permanecem tratados como condicionantes secundários, reduzindo a capacidade explicativa das análises sobre a dinâmica da paisagem.

Outro aspecto identificado refere-se à limitada incorporação dos princípios do pensamento complexo aos estudos prospectivos da paisagem. Embora Morin (2005) demonstre que os sistemas ambientais evoluem mediante processos de retroalimentação, emergência, auto-organização e reorganização contínua, poucos modelos de cenários consideram explicitamente essas propriedades na interpretação das mudanças espaciais.

Como consequência, parte das análises permanece fundamentada em relações lineares entre causa e efeito, dificultando a compreensão das respostas cumulativas e não lineares observadas nos sistemas ambientais.

Os resultados obtidos nesta pesquisa reforçam essa necessidade de integração. A análise multitemporal da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva demonstrou que a evolução da paisagem resulta da interação contínua entre condicionantes da geodiversidade, processos hidrogeomorfológicos, transformações do uso e da cobertura da terra, conectividade hidrológica, atividades socioeconômicas e mecanismos institucionais de gestão.

Nenhum desses componentes, isoladamente, foi capaz de explicar a dinâmica observada ao longo do período analisado. Ao contrário, a interpretação das mudanças exigiu uma abordagem sistêmica capaz de integrar processos físicos, ecológicos e sociais em diferentes escalas espaciais e temporais.

Dessa forma, a análise do estado da arte permite concluir que os estudos existentes fornecem importantes fundamentos para a compreensão da paisagem e da construção de cenários, mas ainda apresentam limitações quando aplicados à interpretação integrada da evolução dos sistemas ambientais. Essa constatação justifica o desenvolvimento de uma proposta conceitual que articule os fundamentos da Ciência da Paisagem, da Geoecologia, da Geodiversidade, da Teoria dos Sistemas Complexos e da modelagem de cenários em uma única estrutura analítica.

Assim, propõe-se uma abordagem conceitual e metodológica original no contexto desta pesquisa, cuja combinação de componentes não foi identificada na literatura consultada. Essa proposição não reivindica a criação inédita do termo Geocenário, tampouco afirma inexistirem formulações semelhantes em toda a produção científica internacional.

Sua originalidade reside na integração entre diferentes referenciais teóricos consolidados e na construção de um modelo interpretativo fundamentado nos resultados

empíricos obtidos na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, ampliando o potencial explicativo dos geocenários para a análise da dinâmica da paisagem e do espaço geográfico.

4.2.1 Proposição conceitual dos geocenários da paisagem

A análise integrada desenvolvida nesta pesquisa demonstra que a interpretação da dinâmica da paisagem exige uma abordagem capaz de articular, em uma única estrutura analítica, os componentes da geodiversidade, da biodiversidade, das transformações do uso e da cobertura da terra, dos processos hidrogeomorfológicos, das atividades socioeconômicas, da conectividade hidrológica e dos mecanismos de governança ambiental.

Os resultados obtidos evidenciam que esses componentes não atuam de forma independente, mas estabelecem relações sistêmicas de interdependência, retroalimentação e reorganização, produzindo sucessivas configurações do espaço geográfico ao longo do tempo.

Essa compreensão reforça os pressupostos da Ciência da Paisagem, segundo os quais a paisagem representa uma totalidade organizada resultante das interações entre elementos naturais e sociais (Bertrand; Bertrand, 2007). Entretanto, a investigação realizada na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva demonstra que a interpretação dessas interações requer uma abordagem capaz de integrar, simultaneamente, a dimensão estrutural da paisagem, sua dinâmica funcional e sua evolução espaço-temporal.

Nesse sentido, a paisagem não corresponde apenas à expressão visível do espaço geográfico, mas constitui um sistema complexo, aberto e dinâmico, continuamente reorganizado pela interação entre processos naturais e ações humanas.

Essa perspectiva converge com a Geoecologia da Paisagem, que compreende os sistemas ambientais como geossistemas organizados por relações funcionais entre seus componentes (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017).

Da mesma forma, incorpora os princípios da Ecodinâmica, propostos por Tricart (1977), ao reconhecer que a estabilidade ou a instabilidade da paisagem decorrem da interação permanente entre processos geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos e biológicos.

Sob a ótica do pensamento complexo, essas relações deixam de ser interpretadas por modelos lineares de causa e efeito, passando a ser compreendidas como sistemas adaptativos caracterizados por processos de retroalimentação, emergência, reorganização e auto-organização (Morin, 2005).

Os resultados desta pesquisa confirmam essa interpretação. A análise multitemporal da

sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva evidenciou que as transformações observadas entre 1985 e 2023 não podem ser explicadas exclusivamente pelas mudanças do uso e da cobertura da terra.

As alterações identificadas resultam da interação entre a compartimentação geomorfológica, a rede hidrográfica, a geologia, os solos, a cobertura vegetal, a expansão das atividades agropecuárias, a urbanização, a implantação da rodovia AM-010, o desenvolvimento do turismo e os mecanismos de gestão ambiental.

Essa interação produziu respostas diferenciadas entre os cursos superior, médio e inferior da sub-bacia, confirmando que a paisagem evolui mediante relações sistêmicas estabelecidas entre seus componentes físicos e sociais.

Nesse contexto, a geodiversidade assume papel estruturador da organização do espaço geográfico. Os resultados demonstram que geologia, relevo, formas do terreno, solos e drenagem condicionam a distribuição da cobertura vegetal, a dinâmica hidrológica, os processos erosivos, a circulação de sedimentos e a ocupação humana.

Essa interpretação reforça a concepção de Gray, Gordon e Brown (2013), segundo a qual a geodiversidade constitui elemento ativo da funcionalidade ambiental, influenciando diretamente a organização dos ecossistemas e a disponibilidade de serviços ecossistêmicos.

Outro aspecto evidenciado pela pesquisa refere-se à importância da conectividade funcional entre os compartimentos da sub-bacia. A circulação de água, sedimentos, nutrientes, matéria orgânica e energia estabelece relações permanentes entre montante e jusante, fazendo com que alterações produzidas em determinado setor repercutam sobre outros segmentos do sistema hidrográfico.

Essa característica confirma a sub-bacia hidrográfica como unidade funcional de análise e demonstra que a interpretação da paisagem deve considerar simultaneamente processos locais e respostas sistêmicas, conforme defendem Christofolletti (1999) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

A literatura sobre modelagem de cenários também contribui para essa compreensão ao demonstrar que a análise de diferentes trajetórias constitui importante instrumento para apoiar processos de planejamento ambiental e gestão do espaço geográfico. Verburg et al. (2006), Bohnet e Smith (2010), Geneletti (2012), Gomes et al. (2020), Oriol et al. (2024) e Zeng, Wu e Chen (2024) evidenciam que a construção de cenários possibilita integrar tendências históricas, condicionantes ambientais, fatores socioeconômicos e alternativas de intervenção. Entretanto, essas abordagens permanecem concentradas, predominantemente, na projeção das

mudanças do uso e da cobertura da terra, sem incorporar de forma explícita os processos ge ecológicos, a geodiversidade, a conectividade hidrológica e os mecanismos de reorganização dos sistemas complexos.

Nesse sentido, os resultados desta investigação permitem ampliar essas abordagens ao integrar os fundamentos da Ciência da Paisagem, da Geoecologia, da Geodiversidade, dos Sistemas Complexos e da modelagem de cenários em uma estrutura analítica única. Essa integração não representa a criação de uma nova teoria da paisagem, mas uma articulação metodológica capaz de ampliar a interpretação das transformações do espaço geográfico mediante a incorporação de componentes que, até então, permaneciam dispersos na literatura científica.

Assim, propõe-se uma abordagem conceitual e metodológica original no contexto desta pesquisa, cuja combinação de componentes não foi identificada na literatura consultada. Essa proposição fundamenta-se na integração entre referenciais científicos consolidados e resultados empíricos produzidos na análise da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Sua originalidade não decorre da utilização isolada do termo Geocenário, mas da construção de uma categoria analítica que reúne, em uma mesma estrutura interpretativa, a geodiversidade, a biodiversidade, os processos hidrogeomorfológicos, as mudanças do uso e da cobertura da terra, a conectividade funcional, os fatores socioeconômicos, a governança ambiental e os princípios dos sistemas complexos aplicados à evolução da paisagem.

Dessa forma, os Geocenários da Paisagem são definidos, nesta tese, como uma categoria analítica e teórico-metodológica destinada à interpretação da evolução espaço-temporal da paisagem e do espaço geográfico, construída pela integração sistêmica entre geodiversidade, biodiversidade, processos hidrogeomorfológicos, uso e cobertura da terra, conectividade funcional, fatores socioeconômicos, governança ambiental e relações de complexidade.

Estruturados nas dimensões retrospectiva, atual e prospectiva, os Geocenários da Paisagem representam e interpretam as sucessivas configurações da paisagem, permitindo compreender permanências, transições, rupturas, retroalimentações, vulnerabilidades, resiliência e trajetórias plausíveis de reorganização do espaço geográfico, constituindo um instrumento científico para subsidiar o planejamento ambiental, a gestão integrada de bacias hidrográficas e a formulação de estratégias de sustentabilidade.

Essa definição sintetiza a principal contribuição conceitual desta tese. Diferentemente das abordagens identificadas na literatura, os Geocenários da Paisagem não se restringem à

representação cartográfica, ao diagnóstico ambiental ou à projeção de cenários de uso da terra. Constituem uma categoria analítica orientada à interpretação integrada da dinâmica da paisagem, capaz de explicar como os componentes naturais e sociais interagem, reorganizam-se e produzem diferentes configurações do espaço geográfico ao longo do tempo.

Sua aplicação amplia o potencial interpretativo da Geografia Física ao integrar múltiplas escalas, diferentes temporalidades e distintos níveis de organização dos sistemas ambientais, fortalecendo a utilização da paisagem como categoria central para a análise, o planejamento e a gestão ambiental.

4.2.2 Princípios estruturantes dos Geocenários da Paisagem

A construção dos Geocenários da Paisagem fundamenta-se na compreensão de que a paisagem constitui uma expressão dinâmica do espaço geográfico, organizada por relações de interdependência entre componentes físicos, biológicos, sociais e institucionais. Nessa perspectiva, a interpretação da paisagem ultrapassa a análise isolada de seus elementos constituintes, concentrando-se na compreensão dos processos que condicionam sua estrutura, funcionamento, evolução e capacidade de reorganização ao longo do tempo.

Assim, os Geocenários da Paisagem constituem uma categoria analítica cuja operacionalização depende da integração entre diferentes princípios científicos que orientam a interpretação da dinâmica ambiental.

O primeiro princípio corresponde à integração sistêmica. A paisagem é compreendida como um sistema aberto, composto por elementos interdependentes que estabelecem relações permanentes por meio de fluxos de matéria, energia e informação. Alterações em um componente repercutem sobre os demais, produzindo respostas cuja magnitude depende do grau de conectividade existente entre os compartimentos ambientais.

Essa interpretação fundamenta-se na Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 1975), na modelagem de sistemas ambientais (Christofolletti, 1999), na Ecodinâmica (Tricart, 1977) e na Geoecologia da Paisagem (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017), reconhecendo que a paisagem somente pode ser compreendida por meio da análise integrada de seus componentes e processos.

O segundo princípio refere-se à multidimensionalidade da paisagem. Os Geocenários da Paisagem consideram que a organização do espaço geográfico resulta da interação entre dimensões físicas, ecológicas, econômicas, sociais, culturais e institucionais. A geologia, o relevo, os solos, a hidrografia e o clima condicionam os processos naturais; a biodiversidade

expressa parte do funcionamento ecológico; as atividades humanas modificam continuamente a cobertura da terra; e os instrumentos de planejamento, gestão e governança influenciam a intensidade, a direção e a permanência dessas transformações.

A análise integrada dessas dimensões permite compreender a paisagem como uma totalidade organizada e historicamente construída, conforme proposto por Bertrand e Bertrand (2007) e Santos (2008).

O terceiro princípio corresponde à geodiversidade como fundamento estrutural da paisagem. Nesta pesquisa, a geodiversidade é compreendida como a infraestrutura físico-natural responsável por sustentar os processos ecológicos, hidrológicos e geomorfológicos que estruturam a organização do espaço geográfico.

Geologia, geomorfologia, formas do relevo, materiais superficiais, solos e rede de drenagem condicionam a circulação da água, a estabilidade das vertentes, o transporte de sedimentos, a distribuição dos habitats e as possibilidades de ocupação humana. Conforme Gray, Gordon e Brown (2013), a geodiversidade constitui elemento ativo da funcionalidade ambiental e deve ser incorporada às análises integradas da paisagem, superando interpretações que a restringem à descrição dos componentes abióticos.

O quarto princípio está relacionado à conectividade funcional. Os resultados obtidos na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva demonstram que a paisagem funciona por meio de conexões permanentes estabelecidas entre seus diferentes compartimentos.

A circulação de água, sedimentos, nutrientes, organismos e energia promove a integração entre montante e jusante, fazendo com que alterações produzidas em determinado setor repercutam em toda a rede hidrográfica. Essa conectividade confere caráter sistêmico à paisagem e justifica a adoção da sub-bacia hidrográfica como unidade funcional de análise, pois permite compreender simultaneamente processos locais e respostas ambientais em escalas mais amplas.

O quinto princípio corresponde à multitemporalidade. A paisagem é resultado da superposição de processos ocorridos em diferentes momentos históricos, apresentando simultaneamente elementos herdados, processos em desenvolvimento e possibilidades de transformação futura. Em consequência, os Geocenários da Paisagem estruturam-se em três dimensões analíticas complementares: retrospectiva, atual e prospectiva.

A dimensão retrospectiva reconstrói a trajetória evolutiva da paisagem; a dimensão atual interpreta sua configuração contemporânea; e a dimensão prospectiva analisa trajetórias plausíveis de reorganização do espaço geográfico. Essa organização permite compreender

permanências, transições, rupturas e tendências, estabelecendo relações entre passado, presente e futuro.

O sexto princípio fundamenta-se na complexidade. As transformações da paisagem não decorrem de relações lineares entre causas e efeitos, mas da interação simultânea entre múltiplos fatores que produzem respostas emergentes e frequentemente não previsíveis.

O pensamento complexo, desenvolvido por Morin (2005), demonstra que sistemas ambientais apresentam propriedades como retroalimentação, emergência, adaptação e auto-organização, exigindo modelos analíticos capazes de interpretar essas relações dinâmicas.

Os Geocenários da Paisagem incorporam esse princípio ao reconhecer que mudanças na cobertura da terra, alterações hidrológicas, expansão da infraestrutura ou modificações climáticas produzem efeitos cumulativos e interdependentes sobre a organização da paisagem.

O sétimo princípio corresponde à integração entre análise e prospectiva. Diferentemente de modelos que utilizam cenários exclusivamente para projeções futuras, os Geocenários da Paisagem articulam evidências históricas, diagnósticos atuais e trajetórias plausíveis de evolução do espaço geográfico.

Essa integração amplia a capacidade interpretativa da análise geográfica, permitindo compreender como processos pretéritos condicionam a configuração presente e influenciam as possibilidades futuras de reorganização da paisagem. Assim, os cenários deixam de representar apenas exercícios de previsão para constituírem instrumentos científicos de interpretação e apoio ao planejamento ambiental.

O oitavo princípio refere-se à aplicabilidade ao planejamento e à gestão ambiental. A construção dos Geocenários da Paisagem não possui finalidade exclusivamente descritiva. Ao integrar informações provenientes da geodiversidade, da biodiversidade, do uso e da cobertura da terra da dinâmica hidrogeomorfológica, da conectividade funcional e da governança ambiental, essa abordagem fornece subsídios para a identificação de vulnerabilidades, potencialidades, conflitos e prioridades de intervenção.

Dessa forma, os geocenários constituem instrumentos capazes de orientar políticas públicas, programas de conservação, recuperação ambiental e planejamento integrado de bacias hidrográficas.

Esses princípios conferem unidade epistemológica à proposta desenvolvida nesta tese e diferenciam os Geocenários da Paisagem das abordagens tradicionalmente empregadas na modelagem de cenários ambientais.

Enquanto parte da literatura concentra-se na simulação de mudanças do uso e da

cobertura da terra ou na representação cartográfica dos fenômenos, a presente proposta integra, em uma única estrutura analítica, os fundamentos da Ciência da Paisagem, da Geodiversidade, da Geoecologia, dos Sistemas Complexos e do planejamento por cenários.

Essa integração constitui a principal contribuição conceitual da pesquisa, permitindo interpretar a evolução da paisagem como resultado da interação entre processos naturais e sociais, expressos em diferentes configurações do espaço geográfico.

4.2.3 Dimensões Analíticas dos Geocenários da Paisagem

A operacionalização dos Geocenários da Paisagem fundamenta-se na compreensão de que a evolução da paisagem constitui um processo contínuo de reorganização do espaço geográfico, resultante da interação entre componentes da geodiversidade, processos ecológicos, mudanças no uso e na cobertura da terra, dinâmica hidrogeomorfológica, fatores socioeconômicos e mecanismos institucionais.

Em consequência, a construção dos geocenários exige uma abordagem analítica capaz de integrar diferentes escalas temporais e espaciais, permitindo compreender simultaneamente as permanências, as rupturas e as tendências que caracterizam a evolução da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Essa perspectiva encontra respaldo na Ciência da Paisagem, na Geoecologia da Paisagem, na Teoria dos Sistemas Complexos e na modelagem de cenários ambientais, as quais convergem ao reconhecer que os sistemas ambientais não podem ser interpretados a partir de recortes temporais isolados.

A compreensão de sua dinâmica requer a articulação entre processos históricos, condições atuais e possibilidades futuras de evolução, considerando que cada estado da paisagem representa, simultaneamente, resultado de processos pretéritos e condição inicial para novas reorganizações (Bertrand; Bertrand, 2007; Morin, 2005; Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017).

Com base nesses pressupostos, os Geocenários da Paisagem foram estruturados em três dimensões analíticas complementares: retrospectiva, atual e prospectiva. Essa organização metodológica possibilita reconstruir a trajetória evolutiva da paisagem, diagnosticar sua configuração contemporânea e formular cenários plausíveis de reorganização do espaço geográfico, tomando como referência as evidências empíricas produzidas pela pesquisa e os indicadores ambientais analisados entre 1985 e 2023.

As três dimensões constituem um sistema integrado de interpretação, no qual cada

etapa fornece informações indispensáveis à compreensão da seguinte. A dimensão retrospectiva identifica os processos responsáveis pela formação das configurações atuais; a dimensão atual sintetiza o estado de organização da paisagem; e a dimensão prospectiva projeta possíveis trajetórias futuras a partir das tendências identificadas, das vulnerabilidades observadas e das capacidades de resposta do sistema ambiental.

Figura 10: Organização metodológica das dimensões analíticas dos Geocenários da Paisagem



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.2.3.1 Dimensão retrospectiva

A dimensão retrospectiva corresponde ao primeiro nível de interpretação dos Geocenários da Paisagem e tem como finalidade reconstruir a evolução espaço-temporal da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, identificando as transformações ocorridas entre 1985 e 2023. Sua análise fundamenta-se na integração entre cartografia temática, imagens de sensoriamento remoto, matrizes analíticas, indicadores ambientais e interpretação

geoecológica da paisagem.

A escolha do ano de 1985 como marco inicial decorre da disponibilidade das séries históricas utilizadas na pesquisa e da possibilidade de representar um período anterior à intensificação das transformações associadas ao crescimento urbano, à expansão agropecuária e ao aumento da pressão sobre os recursos naturais.

A partir desse referencial, foram analisadas sucessivamente as configurações da paisagem para os anos de 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023, permitindo identificar tendências de permanência, expansão, retração e reorganização dos sistemas ambientais.

A dimensão retrospectiva integra diretamente os Mapas 8 a 17, as matrizes de uso e cobertura da terra, os indicadores normalizados por curso fluvial e os gráficos temporais produzidos na pesquisa.

Esses produtos cartográficos possibilitam visualizar a evolução da paisagem em diferentes períodos históricos, evidenciando alterações na cobertura florestal, expansão das áreas antropizadas, reorganização da rede hidrográfica funcional e diferenciação entre os compartimentos superior, médio e inferior da sub-bacia.

Quadro 5: Base analítica da dimensão retrospectiva dos Geocenários da Paisagem

Componente	Base de análise	Produto científico	Finalidade
Geodiversidade	Geologia, relevo, solos, hidrografia	Mapas temáticos	Identificar condicionantes físicos
Uso da terra	MapBiomás (1985–2023)	Séries históricas	Identificar transformações
Cobertura vegetal	Classes temáticas	Matrizes temporais	Avaliar conservação e fragmentação
Compartimentos fluviais	Curso superior, médio e inferior	Mapas comparativos	Avaliar diferenciação espacial
Indicadores	Índices normalizados	Gráficos e matrizes	Identificar tendências

Fonte: Elaborado por Martins, (2026).

A reconstrução histórica demonstrou que a evolução da paisagem não ocorreu de forma homogênea ao longo da sub-bacia. Os diferentes compartimentos responderam de maneira distinta às pressões antrópicas, refletindo condicionantes geomorfológicos, hidrológicos e padrões diferenciados de ocupação. Esse comportamento confirma que a paisagem apresenta elevada heterogeneidade espacial e reforça a necessidade de interpretações sistêmicas baseadas em múltiplas variáveis.

4.2.3.2 Dimensão atual

A dimensão atual representa a síntese da configuração contemporânea da paisagem e constitui o ponto de convergência entre os processos históricos identificados na análise retrospectiva e as possibilidades de evolução consideradas na dimensão prospectiva. Sua finalidade consiste em diagnosticar o estado de organização do sistema ambiental mediante a integração dos indicadores físicos, ecológicos e antrópicos obtidos para o ano de 2023.

Nessa etapa, os Geocenários da Paisagem deixam de representar apenas uma sequência temporal de transformações e passam a constituir um instrumento de diagnóstico integrado da funcionalidade ambiental. A configuração atual da paisagem resulta da interação entre a geodiversidade, a conectividade hidrológica, a cobertura vegetal, os padrões de uso da terra, as atividades produtivas, a infraestrutura viária e os mecanismos de gestão ambiental.

Os resultados obtidos evidenciam que a intensidade das transformações varia significativamente entre os cursos fluviais. O curso superior apresenta predominância de processos de conservação, enquanto os cursos médio e inferior concentram maior intensidade de uso antrópico, fragmentação da cobertura vegetal e reorganização dos sistemas ambientais, refletindo diferentes níveis de vulnerabilidade e resiliência.

Quadro 6: Síntese analítica do Geocenário Atual (2023)

Indicador	Curso Superior	Curso Médio	Curso Inferior
Estado da vegetação	Predominantemente conservado	Moderadamente alterado	Intensamente alterado
Conectividade hidrológica	Alta	Média	Média/baixa
Pressão antrópica	Baixa	Média	Alta
Vulnerabilidade ambiental	Baixa	Média	Alta
Tendência predominante	Conservação	Intensificação	Intensificação crítica

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.2.3.3 Dimensão prospectiva

A dimensão prospectiva constitui a etapa integradora dos Geocenários da Paisagem e tem como finalidade analisar trajetórias futuras plausíveis para a evolução da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. Diferentemente de modelos determinísticos, essa dimensão não busca prever o futuro, mas explorar possibilidades fundamentadas em tendências observadas, condicionantes estruturais e vulnerabilidades identificadas.

Sua elaboração fundamenta-se nos princípios do planejamento por cenários (Buarque, 2003; Godet, 2000), articulados à teoria dos sistemas complexos de Morin (2005). Assim, os cenários prospectivos representam estados condicionais da paisagem, dependentes das interações entre processos naturais, decisões de gestão, expansão das atividades econômicas, conservação ambiental e capacidade adaptativa do sistema.

A construção metodológica incorpora os resultados das dimensões retrospectiva e atual, utilizando como variáveis estruturantes a geodiversidade, a conectividade hidrológica, a dinâmica do uso e da cobertura da terra, os indicadores de vulnerabilidade, os padrões de ocupação e as tendências identificadas nas séries temporais.

Dessa forma, os geocenários prospectivos sintetizam a evolução da paisagem em três configurações de referência: cenário tendencial, cenário sustentável e cenário crítico, que serão detalhados na seção 4.5 do capítulo.

4.2.4 Modelo Teórico-Metodológico dos Geocenários da Paisagem

A construção dos Geocenários da Paisagem fundamenta-se na integração entre referenciais teóricos da Ciência da Paisagem, da Geoecologia, da Geodiversidade, da Teoria dos Sistemas Complexos e da modelagem de cenários, articulados aos procedimentos metodológicos desenvolvidos nesta pesquisa.

Essa integração possibilita interpretar a evolução da paisagem como um processo contínuo de reorganização do espaço geográfico, resultante das interações entre componentes físicos, ecológicos, socioeconômicos e institucionais.

A proposta metodológica desenvolvida nesta tese parte do princípio de que nenhum componente da paisagem explica, isoladamente, sua evolução. As transformações identificadas na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva decorrem da interação entre a geodiversidade, a biodiversidade, a dinâmica hidrogeomorfológica, o uso e a cobertura da terra, a infraestrutura, as atividades econômicas e os mecanismos de governança ambiental.

Dessa forma, os Geocenários da Paisagem foram estruturados como um sistema analítico capaz de integrar diferentes fontes de informação em uma única interpretação científica.

A operacionalização metodológica foi organizada em cinco etapas sucessivas e complementares. A primeira correspondeu à caracterização da base físico-natural, envolvendo geologia, geomorfologia, relevo, solos, hidrografia e compartimentação da paisagem. A segunda concentrou-se na reconstrução multitemporal do uso e da cobertura da terra para os

anos de 1985, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023, permitindo identificar permanências, transições e rupturas na organização da paisagem.

A terceira etapa consistiu na construção de indicadores normalizados e matrizes analíticas destinadas à avaliação integrada dos processos ambientais. Na quarta etapa realizou-se a síntese sistêmica dos resultados, articulando mapas, gráficos, matrizes e observações de campo. Finalmente, a quinta etapa correspondeu à construção dos Geocenários da Paisagem nas dimensões retrospectiva, atual e prospectiva.

Essa sequência metodológica assegura que os cenários produzidos não sejam interpretações subjetivas, mas sínteses fundamentadas em evidências empíricas, séries temporais, indicadores espaciais e relações funcionais observadas durante a investigação.

Figura 11: Modelo metodológico dos Geocenários da Paisagem



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.2.5 Estrutura de integração dos componentes analíticos

A aplicação dos Geocenários da Paisagem exigiu a integração de variáveis provenientes de diferentes dimensões do sistema ambiental. Em vez de analisar cada componente de forma independente, adotou-se uma estrutura matricial que permitiu interpretar as relações de

influência, dependência e retroalimentação existentes entre os elementos constituintes da paisagem.

Essa integração representa um dos principais avanços metodológicos da pesquisa, pois possibilita compreender simultaneamente os condicionantes naturais, os processos ecológicos, as formas de ocupação do espaço geográfico e as respostas produzidas pelo sistema ambiental ao longo do período analisado.

Quadro 7: Estrutura analítica dos Geocenários da Paisagem

Dimensão	Componentes	Produtos da tese	Finalidade
Base físico-natural	Geologia, relevo, geomorfologia, solos e hidrografia	Mapas temáticos	Identificar condicionantes ambientais
Cobertura da terra	Classes de cobertura (1985–2023)	Mapas multitemporais	Avaliar permanências e mudanças
Uso da terra	Agropecuária, áreas urbanas, infraestrutura e demais usos	Matrizes comparativas	Identificar pressões antrópicas
Dinâmica ambiental	Conectividade, processos hidrogeomorfológicos e estabilidade	Indicadores normalizados	Avaliar funcionalidade do sistema
Dimensão socioambiental	Atividades econômicas, população e governança ambiental	Quadros analíticos	Interpretar fatores motores
Integração sistêmica	Síntese dos componentes	Geocenários da Paisagem	Explicar a reorganização do espaço geográfico

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.2.6 Matriz de integração dos Geocenários da Paisagem

A integração entre os componentes analisados permitiu estruturar uma matriz de síntese, utilizada como referência metodológica para interpretar as transformações observadas na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. Essa matriz organiza as relações entre estrutura, funcionamento e dinâmica da paisagem, evidenciando como diferentes processos atuam simultaneamente na reorganização do espaço geográfico.

Quadro 8: Matriz conceitual dos Geocenários da Paisagem

Componente estruturante	Variáveis analisadas	Indicadores	Produto analítico
Geodiversidade	Geologia, relevo, solos, drenagem	Fragilidade e potencialidade	Compartimentação da paisagem
Biodiversidade	Cobertura vegetal, conectividade ecológica	Conservação e fragmentação	Estado ecológico

Uso e cobertura da terra	Agricultura, pecuária, urbanização, floresta	Intensidade de transformação	Evolução temporal
Hidrogeomorfologia	Rede de drenagem, fluxos, sedimentos	Conectividade hidrológica	Funcionamento ambiental
Pressões socioeconômicas	Infraestrutura, ocupação, atividades produtivas	Intensidade de uso	Vetores de transformação
Governança ambiental	Instrumentos de gestão, conservação e planejamento	Capacidade institucional	Respostas do sistema
Integração sistêmica	Relações entre todos os componentes	Síntese analítica	Geocenário da Paisagem

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.2.7 Operacionalização dos Geocenários da Paisagem

A construção dos Geocenários da Paisagem foi operacionalizada por meio da integração entre os produtos cartográficos, os indicadores ambientais, as matrizes analíticas e os resultados obtidos para cada período histórico. Cada mapa elaborado na pesquisa representa um estado da paisagem em determinado momento, enquanto as matrizes e indicadores permitem interpretar as relações entre permanências, mudanças e tendências.

Os gráficos temporais evidenciam a intensidade das transformações ao longo dos intervalos analisados, permitindo identificar padrões de estabilidade, aceleração ou desaceleração das mudanças. As matrizes sintetizam essas informações em estruturas comparativas que possibilitam interpretar simultaneamente os diferentes componentes do sistema ambiental.

Essa integração transforma os mapas, tabelas, indicadores e gráficos em um sistema único de interpretação, no qual cada produto analítico complementa os demais e contribui para explicar a evolução da paisagem.

Consequentemente, os Geocenários da Paisagem deixam de representar apenas uma sequência cronológica de mapas para constituir um modelo interpretativo integrado da evolução do espaço geográfico, articulando evidências empíricas, análise sistêmica e prospectiva ambiental.

4.3 Geocenário Retrospectivo da Paisagem: evolução espaço-temporal da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva (1985–2023)

A dimensão retrospectiva dos Geocenários da Paisagem constitui o primeiro nível de interpretação da dinâmica da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, permitindo reconstruir a evolução do espaço geográfico mediante a integração entre geodiversidade,

biodiversidade, uso e cobertura da terra, processos hidrogeomorfológicos e fatores socioeconômicos. Diferentemente de uma análise cronológica descritiva, essa abordagem busca compreender como a interação entre componentes naturais e antrópicos reorganizou progressivamente a paisagem, produzindo configurações distintas ao longo do período compreendido entre 1985 e 2023.

Essa reconstrução fundamenta-se na Ciência da Paisagem, segundo a qual a configuração observada em determinado momento representa apenas um estado transitório de um sistema em permanente transformação (Bertrand; Bertrand, 2007).

Sob essa perspectiva, cada período analisado expressa a materialização de processos acumulativos que resultam da interação entre condicionantes físico-naturais e formas de apropriação do espaço geográfico. A incorporação da dimensão temporal possibilita identificar permanências, transições, rupturas e tendências, ampliando a capacidade explicativa da análise geográfica (Santos, 2008).

Na presente pesquisa, a reconstrução retrospectiva foi realizada por meio da análise integrada dos mapas multitemporais, das matrizes de evolução do uso e da cobertura da terra, dos indicadores normalizados, dos levantamentos de campo e das informações cartográficas referentes aos anos de 1985, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023. Essa série histórica permitiu reconhecer diferentes fases da evolução da paisagem, identificar os fatores motores das transformações e avaliar a intensidade das mudanças ocorridas nos cursos superior, médio e inferior da sub-bacia.

A escolha desses recortes temporais atende à necessidade de representar diferentes momentos da evolução do sistema ambiental, permitindo acompanhar as alterações ocorridas antes e após a intensificação da ocupação associada à rodovia AM-010, à expansão das atividades agropecuárias, ao crescimento urbano e à diversificação das atividades econômicas. Essa sequência temporal fornece uma base consistente para interpretar a reorganização da paisagem em escalas compatíveis com os objetivos da pesquisa.

Sob a perspectiva metodológica, a dimensão retrospectiva articula três níveis complementares de interpretação. O primeiro corresponde à análise da estrutura da paisagem, representada pela geodiversidade e pelos componentes físicos responsáveis pela organização do sistema ambiental. O segundo refere-se à dinâmica da cobertura da terra, evidenciando permanências e mudanças nas formas de uso do espaço geográfico.

O terceiro integra essas informações aos fatores socioeconômicos e institucionais, permitindo compreender como os processos naturais e as ações humanas interagem na

produção das diferentes configurações da paisagem.

Essa integração possibilita compreender que a evolução da paisagem não ocorreu de maneira homogênea em toda a sub-bacia. Os resultados demonstram comportamentos diferenciados entre os compartimentos hidrográficos, evidenciando que a intensidade das transformações depende simultaneamente das características da geodiversidade, da acessibilidade, da conectividade hidrológica, das formas de ocupação e das pressões antrópicas.

Dessa forma, a análise retrospectiva não se limita à comparação entre mapas sucessivos, mas interpreta os processos responsáveis pelas mudanças observadas.

4.3.1 Organização metodológica da análise retrospectiva

A operacionalização do Geocenário Retrospectivo foi estruturada mediante a integração entre produtos cartográficos, indicadores quantitativos e interpretação sistêmica da paisagem. Cada período histórico foi analisado considerando o comportamento dos componentes estruturantes da paisagem e suas relações de interdependência, permitindo construir uma leitura evolutiva da sub-bacia hidrográfica.

Quadro 9: Estrutura metodológica do Geocenário Retrospectivo da Paisagem

Etapa	Componentes analisados	Produto da pesquisa	Objetivo analítico
Caracterização física	Geologia, relevo, solos, hidrografia	Mapas temáticos	Identificar a base estrutural da paisagem
Reconstrução temporal	Uso e cobertura da terra (1985–2023)	Mapas multitemporais	Identificar permanências e mudanças
Compartimentação	Curso superior, médio e inferior	Cartografia temática	Avaliar diferenciação espacial
Integração sistêmica	Indicadores ambientais e matrizes	Quadros de síntese	Interpretar relações entre os componentes
Síntese evolutiva	Geocenário retrospectivo	Modelo analítico	Explicar a evolução do espaço geográfico

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

A estrutura metodológica apresentada demonstra que a análise retrospectiva constitui uma síntese progressiva das informações produzidas ao longo da pesquisa. Cada produto cartográfico representa um estado da paisagem, enquanto as matrizes comparativas e os indicadores permitem interpretar a intensidade, a direção e a natureza das transformações observadas.

4.3.2 Evolução dos componentes estruturantes da paisagem

A interpretação retrospectiva parte do reconhecimento de que a geodiversidade permaneceu como elemento estruturador da paisagem durante todo o período analisado. As unidades geomorfológicas, a rede de drenagem, os materiais geológicos e os solos mantiveram relativa estabilidade em termos estruturais, constituindo a base física sobre a qual ocorreram as mudanças relacionadas ao uso e à cobertura da terra. Essa permanência confirma que as transformações mais expressivas observadas na sub-bacia decorreram principalmente da reorganização das formas de ocupação do espaço geográfico, e não de alterações na estrutura física do sistema.

Entretanto, embora a base geológica e geomorfológica apresente elevada estabilidade, os processos associados à cobertura vegetal, ao uso da terra e à dinâmica hidrogeomorfológica responderam de forma diferenciada às pressões antrópicas. A intensificação das atividades agropecuárias, a ampliação da infraestrutura viária e o crescimento das áreas urbanizadas modificaram progressivamente os padrões de conectividade ecológica, a estabilidade dos solos e os processos hidrológicos, produzindo novas configurações da paisagem ao longo da série histórica.

Os resultados também evidenciam que a evolução da paisagem apresenta forte relação com a acessibilidade. As áreas diretamente influenciadas pelos principais eixos viários concentraram as maiores taxas de transformação, enquanto setores mais distantes mantiveram maior continuidade da cobertura florestal e menor intensidade de alteração. Esse comportamento confirma a infraestrutura de transporte como um dos principais fatores motores da reorganização do espaço geográfico na sub-bacia.

Quadro 10: Componentes estruturantes analisados na reconstrução retrospectiva

Componente	Permanência	Transformação predominante	Influência na paisagem
Geologia	Muito alta	Baixa	Base estrutural
Geomorfologia	Alta	Baixa	Controle do relevo e drenagem
Solos	Alta	Moderada	Suscetibilidade aos usos
Hidrografia	Alta	Moderada	Conectividade funcional
Cobertura vegetal	Moderada	Alta	Fragmentação e conservação
Uso da terra	Baixa	Muito alta	Principal vetor de transformação
Infraestrutura	Crescente	Alta	Ampliação da acessibilidade
Atividades econômicas	Crescente	Alta	Intensificação das pressões antrópicas

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

A interpretação integrada desses componentes evidencia que a paisagem evoluiu mediante processos de reorganização progressiva, nos quais a estabilidade da geodiversidade contrasta com a elevada dinâmica das formas de uso e ocupação do espaço geográfico. Essa diferenciação reforça a necessidade de analisar conjuntamente elementos estruturais e processos dinâmicos, princípio que fundamenta a proposta dos Geocenários da Paisagem.

4.3.3 Evolução dos Geocenários da Paisagem (1985–2023)

A evolução dos Geocenários da Paisagem foi reconstruída a partir da integração entre a cartografia multitemporal, as matrizes analíticas de uso e de cobertura da terra, os indicadores ambientais, os levantamentos de campo e a compartimentação hidrográfica da sub-bacia do rio Preto da Eva.

Essa integração permitiu compreender a reorganização da paisagem como resultado da interação contínua entre os elementos da geodiversidade, os processos ecológicos, a dinâmica hidrogeomorfológica e as formas de uso do espaço geográfico, em consonância com os objetivos estabelecidos na pesquisa.

A análise retrospectiva foi organizada em sete recortes temporais 1985, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2023 , definidos em função da disponibilidade da série histórica utilizada na pesquisa e da necessidade de representar momentos distintos da reorganização da paisagem. Cada período constitui um estado evolutivo do sistema ambiental, permitindo identificar permanências estruturais, intensificação das transformações, mudanças na cobertura da terra e alterações na funcionalidade da sub-bacia hidrográfica.

Sob a perspectiva dos sistemas complexos, cada geocenário representa uma configuração emergente do espaço geográfico. Assim, os estados observados em cada período não decorrem de relações lineares de causa e efeito, mas da interação entre múltiplos fatores que atuam simultaneamente em diferentes escalas espaciais e temporais.

Essa interpretação fundamenta-se na compreensão de que a paisagem constitui um sistema aberto, dinâmico e adaptativo, cuja evolução resulta da permanente interação entre ordem, desordem, organização e reorganização (Morin, 2005; Tricart, 1977).

A organização da análise considera, simultaneamente, a evolução espacial das classes de uso e de cobertura da terra, os padrões de conectividade hidrográfica, a compartimentação fisiográfica da sub-bacia e os indicadores normalizados produzidos ao longo da pesquisa. Dessa forma, cada geocenário representa uma síntese integrada da configuração da paisagem em determinado momento histórico, permitindo interpretar sua evolução sistêmica.

4.3.3.1 Geocenário da Paisagem – 1985

O ano de 1985 representa o marco inicial da reconstrução dos Geocenários da Paisagem, constituindo a condição de referência para a interpretação das transformações ocorridas na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

O mapa de uso e cobertura da terra correspondente a esse período evidencia uma configuração caracterizada pelo predomínio das formações florestais e pela reduzida expressão espacial das áreas antropizadas, refletindo um estágio em que a influência direta das atividades humanas ainda se encontrava relativamente concentrada ao longo dos principais eixos de circulação e dos núcleos iniciais de ocupação. O conjunto cartográfico desse período corresponde ao Mapa 8, indicado na estrutura da tese.

Do ponto de vista da organização espacial, a paisagem apresentava elevada continuidade da cobertura florestal, favorecendo a conectividade ecológica e a manutenção da funcionalidade hidroambiental da sub-bacia. A predominância dos elementos naturais evidencia que a geodiversidade exercia forte controle sobre a organização do sistema, condicionando a distribuição das drenagens, das formas de relevo, dos solos e dos padrões de ocupação.

A compartimentação fisiográfica demonstra que os cursos superior, médio e inferior apresentavam distintos níveis de suscetibilidade às transformações antrópicas. O curso superior mantinha maior integridade ambiental, favorecida pelo predomínio de áreas florestadas e pela menor acessibilidade.

O curso médio já apresentava influência inicial das frentes de ocupação associadas à rodovia AM-010, enquanto o curso inferior mantinha características predominantemente naturais, ainda que sujeito às influências exercidas pela dinâmica regional do rio Amazonas.

Sob a perspectiva sistêmica, o Geocenário de 1985 caracteriza-se pelo predomínio dos mecanismos de autorregulação ambiental. A elevada conectividade entre cobertura vegetal, rede hidrográfica e formas do relevo favorecia a estabilidade do sistema, permitindo que os fluxos de água, sedimentos, nutrientes e organismos ocorressem de forma integrada.

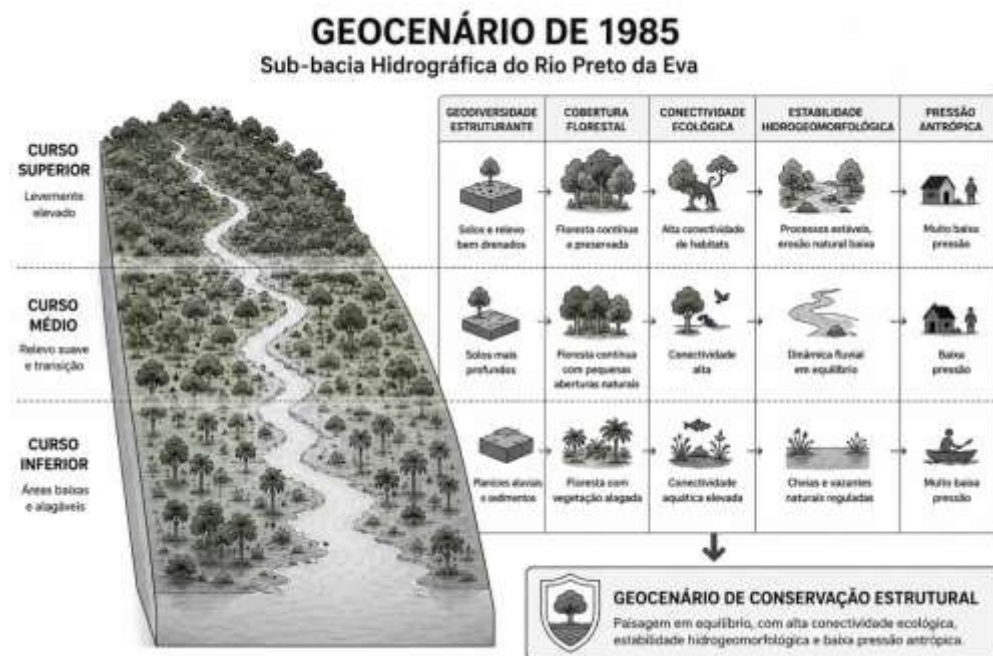
Essa condição representa o estado de maior equilíbrio funcional identificado na série histórica analisada, constituindo a referência para a interpretação das mudanças verificadas nos períodos subsequentes.

Quadro 11: Síntese do Geocenário da Paisagem de 1985

Dimensão de análise	Caracterização do Geocenário
Geodiversidade	Predomínio dos condicionantes naturais na organização da paisagem
Cobertura da terra	Predominância de formações florestais contínuas
Uso do espaço geográfico	Baixa intensidade de ocupação e reduzida fragmentação
Conectividade hidrográfica	Elevada integração funcional entre montante e jusante
Pressões antrópicas	Localizadas e de baixa intensidade
Estado do sistema	Alta estabilidade ecológica e hidrogeomorfológica
Classificação do Geocenário	Geocenário de Conservação Estrutural

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Figura 12: Modelo interpretativo do Geocenário de 1985



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Interpretação científica

Os resultados obtidos indicam que o geocenário de 1985 corresponde ao período de maior integridade ambiental da série histórica analisada, funcionando como condição de referência para a avaliação das transformações posteriores. A predominância das formações florestais e a reduzida intensidade de uso favoreceram a manutenção da conectividade funcional da paisagem, condição essencial para a estabilidade dos processos hidrogeomorfológicos e ecológicos.

Sob a perspectiva dos Geocenários da Paisagem, essa configuração representa um sistema em que os mecanismos de organização natural predominavam sobre as perturbações antrópicas. Não se trata de um estado estático, mas de uma condição dinâmica caracterizada pela elevada capacidade de autorregulação, na qual os processos naturais exerciam maior influência sobre a organização do espaço geográfico do que as intervenções humanas.

4.3.3.2 Geocenário da Paisagem – 1995

O Geocenário da Paisagem correspondente ao ano de 1995 representa a primeira fase de transição observada na série histórica analisada. Em relação ao estado identificado em 1985, verifica-se a intensificação inicial das transformações decorrentes da reorganização do espaço geográfico, principalmente nas áreas influenciadas pela rodovia AM-010 e pelos primeiros vetores de expansão agropecuária.

Essa configuração corresponde ao período em que as pressões antrópicas passam a modificar de forma mais evidente a organização da cobertura da terra, embora a estrutura físico-natural ainda exerça controle predominante sobre a funcionalidade ambiental da sub-bacia.

A análise integrada do Mapa 9 evidencia que as alterações na paisagem permanecem espacialmente concentradas, porém apresentam expansão progressiva ao longo dos principais corredores de circulação e nas áreas de maior acessibilidade. Essa distribuição espacial confirma que a dinâmica de ocupação não ocorreu de maneira aleatória, mas acompanhou os eixos estruturadores da mobilidade regional, reforçando o papel da infraestrutura viária como elemento indutor da reorganização da paisagem.

Sob a perspectiva da geodiversidade, observa-se a permanência dos condicionantes geomorfológicos, geológicos e hidrológicos responsáveis pela organização estrutural da sub-bacia.

Entretanto, a intensificação do uso da terra passa a produzir respostas ambientais localizadas, particularmente nas áreas onde a substituição da cobertura florestal modifica o balanço hídrico, reduz a conectividade ecológica e amplia a suscetibilidade aos processos erosivos. Essas alterações ainda não comprometem o funcionamento sistêmico da sub-bacia, mas representam o início de um processo cumulativo que se intensificará nas décadas seguintes.

A compartimentação hidrográfica demonstra comportamentos distintos entre os três

setores analisados. O curso superior permanece com elevada integridade ambiental, mantendo predominância de formações florestais e reduzida interferência antrópica. O curso médio apresenta os primeiros sinais consistentes de reorganização da paisagem, associados ao crescimento das atividades produtivas e da infraestrutura.

O curso inferior, embora ainda apresente elevada continuidade florestal, evidencia alterações pontuais relacionadas à expansão das áreas de uso antrópico e à influência dos processos regionais de ocupação.

Do ponto de vista sistêmico, o Geocenário de 1995 caracteriza-se por uma fase de equilíbrio dinâmico sob pressão crescente. A paisagem conserva elevada capacidade de autorregulação, mas os mecanismos naturais passam a responder às perturbações introduzidas pela intensificação das atividades humanas.

Essa condição representa uma fase intermediária entre a estabilidade predominante em 1985 e os processos de transformação mais intensos observados a partir dos anos 2000.

Quadro 12: Síntese do Geocenário da Paisagem de 1995

Dimensão de análise	Caracterização do Geocenário
Geodiversidade	Estrutura física preservada, condicionando a organização da paisagem
Cobertura da terra	Predomínio florestal com expansão inicial das áreas antropizadas
Uso do espaço geográfico	Crescimento das atividades agropecuárias e ocupação linear
Conectividade hidrográfica	Elevada, com alterações localizadas
Pressões antrópicas	Moderadas e concentradas ao longo da infraestrutura viária
Resiliência ambiental	Alta, porém com redução localizada da capacidade de autorregulação
Classificação do Geocenário	Geocenário de Conservação sob Pressão

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 14: Matriz de evolução comparativa entre 1985 e 1995

Variável estruturante	1985	1995	Tendência
Continuidade florestal	Muito alta	Alta	Redução inicial
Fragmentação da paisagem	Muito baixa	Baixa	Crescente
Intensidade do uso da terra	Baixa	Moderada	Expansão
Conectividade ecológica	Muito alta	Alta	Redução localizada
Conectividade hidrológica	Muito alta	Alta	Estável
Pressão antrópica	Baixa	Moderada	Crescente
Estado sistêmico	Conservação estrutural	Conservação sob pressão	Transição

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Interpretação dos Sistemas Complexos

Na perspectiva da complexidade, o período de 1995 marca o surgimento de novos padrões de interação entre os componentes da paisagem. A ampliação das atividades produtivas introduz perturbações que deixam de atuar apenas de forma pontual e passam a influenciar processos hidrogeomorfológicos, ecológicos e socioeconômicos.

Essa reorganização evidencia a emergência de mecanismos de retroalimentação, nos quais alterações no uso da terra repercutem sobre a conectividade ambiental, modificando gradativamente o comportamento do sistema.

Os resultados obtidos demonstram que, embora a geodiversidade permaneça como principal elemento estruturador da paisagem, a intensidade crescente das intervenções humanas passa a exercer influência significativa sobre sua organização funcional.

Dessa forma, o Geocenário de 1995 representa uma etapa de transição em que coexistem elevada estabilidade estrutural e sinais iniciais de reorganização sistêmica, condição que prepara a intensificação das mudanças observadas no geocenário seguinte.

Síntese da evolução 1985–1995

A comparação entre os dois primeiros geocenários evidencia que as transformações observadas não resultam da substituição da estrutura física da paisagem, mas da alteração progressiva de seus processos funcionais. Enquanto a geodiversidade permanece relativamente estável, o uso e a cobertura da terra tornam-se os principais vetores de reorganização do espaço geográfico.

Essa distinção reforça a hipótese central da tese de que a evolução da paisagem amazônica decorre da interação entre condicionantes naturais persistentes e processos antrópicos cumulativos, cuja intensidade varia espacial e temporalmente.

4.3.3.3 Geocenário da Paisagem – 2000: consolidação da transição para uma paisagem antropizada

O Geocenário da Paisagem correspondente ao ano de 2000 representa o momento em que as transformações observadas na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva deixam de apresentar caráter localizado e passam a configurar um processo espacialmente articulado de reorganização da paisagem. Em comparação aos geocenários de 1985 e 1995, observa-se a

consolidação dos vetores de ocupação associados à expansão das atividades agropecuárias, à ampliação da infraestrutura viária e ao aumento da fragmentação da cobertura florestal, configurando uma nova organização do espaço geográfico. Essa interpretação é corroborada pelo Mapa 10, que evidencia maior heterogeneidade espacial e ampliação do mosaico de usos da terra, refletindo a intensificação das pressões antrópicas sobre os componentes naturais da sub-bacia.

Sob a perspectiva da Ciência da Paisagem, esse período caracteriza uma ruptura progressiva da continuidade estrutural observada em 1985. Embora a geodiversidade permaneça como base organizadora do sistema ambiental, os processos de ocupação passam a exercer influência crescente sobre a dinâmica da paisagem, alterando padrões de conectividade ecológica, funcionamento hidrológico e distribuição espacial das classes de uso e de cobertura da terra.

A paisagem deixa de apresentar predominância de grandes manchas florestais contínuas e passa a incorporar um mosaico mais complexo de usos, evidenciando a coexistência de áreas conservadas, espaços em transformação e setores já fortemente antropizados.

A evolução registrada nesse período confirma que a reorganização da paisagem não decorre apenas da substituição da cobertura vegetal, mas da intensificação das interações entre processos físicos e ações humanas. A ampliação do mosaico de usos promove maior fragmentação das formações florestais, modifica os fluxos de matéria e energia e reduz a continuidade funcional entre os diferentes compartimentos da sub-bacia.

Como consequência, processos hidrogeomorfológicos, ecológicos e socioeconômicos passam a apresentar maior grau de interdependência, característica típica de sistemas complexos adaptativos (Morin, 2005).

Essa reorganização manifesta-se de maneira diferenciada entre os compartimentos hidrográficos. No curso superior, embora ainda predominem elevados níveis de conservação, observa-se a maior redução do Índice de Condição da Paisagem (CPIG) em toda a série temporal inicial, passando de 94,82 em 1995 para 80,83 em 2000, redução de 13,99 pontos. Apesar desse decréscimo, o índice permanece na classe Excelente, evidenciando que a elevada integridade da geodiversidade e da cobertura florestal ainda assegura significativa capacidade de resiliência ambiental.

No curso médio, o comportamento do sistema confirma sua condição de compartimento de transição. O CPIG reduziu-se de 90,11 para 85,18, acumulando perda

aproximada de 14,9% em relação a 1985.

Essa tendência acompanha a intensificação da agricultura familiar, a abertura de novos ramais e a influência direta da rodovia AM-010, fatores que favoreceram maior fragmentação da cobertura florestal, aumento da erosão, intensificação do assoreamento e maior vulnerabilidade dos processos hidrogeomorfológicos.

O curso inferior apresentou comportamento distinto. Embora também tenha registrado redução do CPIG, passando de 91,34 para 90,98, a variação foi relativamente menor nesse intervalo, indicando que a reorganização da paisagem ocorreu de forma mais gradual.

Entretanto, a continuidade da tendência de declínio observada nas décadas seguintes demonstra que esse compartimento passou a responder cumulativamente às alterações produzidas nos setores situados a montante, evidenciando a importância da conectividade hidrológica na propagação dos efeitos das intervenções antrópicas ao longo da sub-bacia.

A análise integrada entre os mapas de 1985, 1995 e 2000 evidencia que o comportamento da paisagem não pode ser interpretado apenas pela quantificação das mudanças de uso da terra. A comparação espacial demonstra que a reorganização ocorreu mediante alterações progressivas na estrutura funcional da paisagem, reduzindo a continuidade entre fragmentos florestais e ampliando a complexidade dos padrões espaciais.

Essa interpretação confirma a proposição de Bertrand e Bertrand (2007), segundo a qual a paisagem deve ser compreendida como uma totalidade dinâmica, organizada por relações permanentes entre seus componentes naturais e sociais.

Sob a ótica dos Sistemas Complexos, o Geocenário de 2000 representa o momento em que os processos de retroalimentação passam a exercer influência significativa sobre a evolução do sistema. Pequenas alterações acumuladas ao longo da década anterior intensificam seus efeitos, produzindo respostas não lineares na conectividade ecológica, na dinâmica hidrogeomorfológica e na organização do espaço geográfico.

Dessa forma, a paisagem deixa de responder apenas às características da geodiversidade e passa a refletir, cada vez mais, as interações entre infraestrutura, uso da terra, cobertura vegetal e processos ambientais, caracterizando uma nova fase evolutiva do sistema.

Quadro 13: Síntese do Geocenário da Paisagem – 2000

Dimensão analítica	Caracterização
Estrutura física	Mantém elevada estabilidade, controlando a organização geral da paisagem.
Uso e cobertura da terra	Intensificação do mosaico de usos e expansão das áreas antropizadas.
Conectividade ecológica	Redução da continuidade florestal e aumento da fragmentação.
Dinâmica hidrogeomorfológica	Maior suscetibilidade a processos erosivos e alterações hidrológicas localizadas.
Curso superior	Conservação elevada, porém, com redução acentuada do CPIG.
Curso médio	Intensificação das transformações e maior vulnerabilidade ambiental.
Curso inferior	Alterações graduais, influenciadas pela conectividade da rede hidrográfica.
Classificação do Geocenário	Geocenário de Intensificação da Transformação da Paisagem.

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 14: Matriz de Evolução sistêmica dos Geocenários da Paisagem (1985–2000)

Variável	1985	1995	2000	Tendência
Continuidade florestal	Muito alta	Alta	Moderada	Declínio progressivo
Fragmentação	Muito baixa	Baixa	Moderada	Crescente
Intensidade do uso da terra	Baixa	Moderada	Alta	Expansão
Conectividade ecológica	Muito alta	Alta	Moderada	Redução
Funcionalidade hidroambiental	Muito alta	Alta	Moderada	Perda localizada
Complexidade espacial	Baixa	Média	Alta	Crescente
Estado do Geocenário	Conservação estrutural	Conservação sob pressão	Intensificação da transformação	

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Essa reorganização evidencia que o ano de 2000 constitui um ponto de inflexão na evolução da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. A partir desse momento, a paisagem passa a ser caracterizada por uma organização espacial mais heterogênea, marcada pela intensificação das interações entre geodiversidade, cobertura da terra, infraestrutura, atividades econômicas e processos ecológicos. Consequentemente, os geocenários posteriores deixam de representar apenas a continuidade das mudanças iniciais e passam a refletir uma nova etapa da dinâmica do sistema, na qual predominam processos de reorganização funcional, adaptação e complexificação da paisagem, conforme será demonstrado na análise do Geocenário da Paisagem de 2005.

4.3.3.4 Geocenário da Paisagem – 2005: reorganização funcional e intensificação das pressões antrópicas

O Geocenário da Paisagem referente ao ano de 2005 representa uma nova fase evolutiva da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, caracterizada pela consolidação das transformações iniciadas na década anterior e pela intensificação das interações entre geodiversidade, uso e cobertura da terra e processos socioeconômicos.

O Mapa 11 evidencia que a reorganização espacial deixa de apresentar caráter predominantemente linear e passa a estruturar um mosaico territorial mais complexo, resultado da ampliação das atividades agropecuárias, da expansão dos ramais vicinais, do fortalecimento da agricultura familiar e da crescente influência do núcleo urbano de Rio Preto da Eva. Essa configuração confirma que a evolução da paisagem ocorre mediante processos cumulativos, nos quais pequenas alterações sucessivas produzem respostas sistêmicas progressivamente mais amplas.

Sob a perspectiva da Geoecologia da Paisagem, a configuração observada em 2005 demonstra que os componentes naturais permanecem responsáveis pela organização estrutural do sistema, porém passam a coexistir com uma rede mais complexa de intervenções humanas. A geodiversidade continua condicionando a distribuição das drenagens, dos compartimentos geomorfológicos e das unidades pedológicas, entretanto o padrão espacial do uso da terra assume maior protagonismo na reorganização da paisagem.

Essa interação confirma que os estados sucessivos da paisagem constituem respostas emergentes da articulação entre processos naturais e ações antrópicas, conforme proposto por Bertrand e Bertrand (2007) e Tricart (1977).

A comparação entre os geocenários de 2000 e 2005 evidencia aumento da fragmentação da cobertura florestal, maior diversificação das classes de uso da terra e crescimento da heterogeneidade espacial.

Esses processos intensificam as interfaces entre áreas naturais e antropizadas, reduzindo a conectividade ecológica em determinados setores da sub-bacia e ampliando a vulnerabilidade ambiental de áreas submetidas à expansão agrícola. Embora essas alterações não modifiquem a estrutura física da geodiversidade, produzem mudanças significativas na dinâmica hidrogeomorfológica, sobretudo em função da alteração do balanço hídrico superficial e da intensificação dos processos erosivos localizados.

A análise por compartimentos hidrográficos demonstra que o comportamento da

paisagem permanece espacialmente diferenciado. O curso superior conserva maior continuidade da cobertura florestal e elevada estabilidade ambiental, embora apresente redução gradual dos indicadores de integridade da paisagem.

O curso médio consolida-se como o compartimento de maior dinamismo, concentrando as principais mudanças relacionadas à expansão agropecuária, à infraestrutura viária e à ocupação humana. O curso inferior mantém relativa estabilidade estrutural, porém passa a responder de maneira mais intensa aos efeitos cumulativos provenientes das áreas situadas a montante, evidenciando o papel da conectividade hidrológica na propagação dos impactos ao longo do sistema fluvial.

Sob a ótica da Teoria da Complexidade, o Geocenário de 2005 representa uma etapa em que os mecanismos de retroalimentação positiva se tornam mais evidentes. As transformações produzidas pelo aumento da acessibilidade favorecem novas formas de ocupação, que, por sua vez, ampliam as alterações na cobertura da terra e intensificam processos de reorganização da paisagem.

Forma-se, assim, um ciclo de interações em que infraestrutura, atividades econômicas, dinâmica hidrogeomorfológica e cobertura vegetal passam a influenciar-se mutuamente, caracterizando um sistema aberto, adaptativo e não linear (Morin, 2005).

Quadro 15: Síntese do Geocenário da Paisagem – 2005

Dimensão analítica	Caracterização
Estrutura física	Mantém estabilidade e controla a organização geral da paisagem.
Uso e cobertura da terra	Expansão das áreas produtivas e maior heterogeneidade espacial.
Conectividade ecológica	Redução progressiva da continuidade florestal.
Dinâmica hidrogeomorfológica	Intensificação das respostas hidrológicas localizadas.
Curso superior	Predomínio de conservação com alterações pontuais.
Curso médio	Compartimento de maior transformação da paisagem.
Curso inferior	Crescente influência das alterações propagadas a montante.
Estado sistêmico	Reorganização funcional da paisagem.
Classificação do Geocenário	Geocenário de Intensificação Funcional.

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 16: Matriz de evolução dos Geocenários da Paisagem (2000–2005)

Variável	2000	2005	Tendência
Continuidade florestal	Moderada	Moderada a baixa	Redução gradual
Fragmentação	Moderada	Alta	Crescente
Intensidade do uso da terra	Alta	Alta	Consolidação
Conectividade ecológica	Moderada	Moderada	Declínio progressivo
Complexidade espacial	Alta	Muito alta	Crescente
Pressões antrópicas	Altas	Muito altas	Intensificação
Estado do sistema	Intensificação da transformação	Reorganização funcional	Complexificação

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Integração com a matriz evolutiva dos Geocenários

A leitura integrada da série histórica demonstra que a evolução da paisagem ocorre por sucessivas reorganizações funcionais e não por rupturas abruptas. Entre 1985 e 2005 observa-se a passagem de um sistema caracterizado pela predominância da conectividade ecológica para outro em que a organização espacial passa a refletir a crescente influência das atividades humanas. Essa evolução confirma que os Geocenários da Paisagem representam estados sucessivos de reorganização do espaço geográfico, produzidos pela interação contínua entre geodiversidade, cobertura da terra, dinâmica hidrogeomorfológica, processos ecológicos e sistemas socioeconômicos.

Do ponto de vista metodológico, esse comportamento reforça a principal contribuição da tese: os Geocenários da Paisagem não são simples representações cronológicas nem cenários prospectivos convencionais. Eles constituem uma abordagem analítica que integra cartografia multitemporal, matrizes de transição, indicadores ambientais, compartimentação hidrográfica e interpretação sistêmica para explicar a evolução da paisagem em diferentes escalas espaço-temporais, em consonância com o objetivo central da pesquisa.

4.3.3.5 Geocenário da Paisagem – 2010: complexificação da paisagem e intensificação das interações sistêmicas

O Geocenário da Paisagem de 2010 representa a consolidação de uma nova configuração espaço-temporal na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. Os processos de transformação identificados nos períodos anteriores tornam-se estruturalmente mais complexos, evidenciando que a reorganização da paisagem passa a resultar da interação

simultânea entre a geodiversidade, as alterações no uso e na cobertura da terra, a expansão das atividades produtivas, a conectividade hidrográfica e os mecanismos de governança. O Mapa 12 demonstra que a distribuição espacial das classes de uso e de cobertura da terra apresenta maior heterogeneidade, refletindo a ampliação das pressões antrópicas e a reorganização funcional dos diferentes compartimentos da sub-bacia.

Sob a perspectiva da Geoecologia da Paisagem, esse período evidencia que a dinâmica ambiental não pode ser interpretada apenas pela expansão das áreas antropizadas, mas pela intensidade das relações estabelecidas entre os componentes naturais e os sistemas de uso da terra. A geodiversidade continua exercendo papel estruturante sobre a organização do espaço geográfico, condicionando a distribuição dos processos hidrogeomorfológicos, dos solos, das formas do relevo e da rede hidrográfica. Entretanto, a crescente diversificação das formas de ocupação modifica progressivamente os padrões de conectividade ecológica e a funcionalidade ambiental da sub-bacia, produzindo respostas diferenciadas entre os compartimentos fluviais.

A comparação entre os geocenários de 2005 e 2010 demonstra que a evolução da paisagem deixa de ser explicada apenas pelo aumento da fragmentação da cobertura florestal e passa a envolver processos mais complexos de reorganização espacial. A intensificação das atividades agropecuárias, a expansão da malha viária secundária e o crescimento urbano promovem maior integração entre áreas anteriormente isoladas, alterando os fluxos de matéria, energia e informação que estruturam o funcionamento da paisagem. Essa reorganização modifica a conectividade funcional entre os ecossistemas e amplia a dependência das áreas situadas a jusante em relação às intervenções realizadas nos setores de montante.

A análise compartimentada evidencia diferenças importantes na resposta dos sistemas ambientais. O curso superior permanece como o setor de maior estabilidade relativa, mantendo elevados índices de conservação em razão da predominância da cobertura florestal e da menor intensidade de ocupação. Contudo, a continuidade da redução dos indicadores de condição da paisagem demonstra que mesmo os compartimentos mais preservados começam a responder aos efeitos indiretos da reorganização regional. O curso médio consolida-se como o principal núcleo de transformação da paisagem, concentrando as maiores alterações relacionadas à expansão da agricultura, à ocupação linear ao longo da AM-010 e à diversificação dos usos da terra. No curso inferior, a intensificação das conexões hidrológicas evidencia que as alterações acumuladas a montante passam a influenciar de forma mais

significativa a dinâmica ambiental, confirmando a natureza integrada do sistema hidrográfico.

A interpretação sistêmica demonstra que a paisagem evolui mediante mecanismos de retroalimentação, nos quais alterações locais produzem respostas distribuídas em toda a sub-bacia. A conectividade hidrológica desempenha papel central nesse processo, promovendo a transferência de água, sedimentos, nutrientes e matéria orgânica entre os diferentes compartimentos fluviais. Consequentemente, a estabilidade ambiental deixa de depender apenas da conservação de áreas isoladas e passa a estar diretamente relacionada ao funcionamento integrado da rede hidrográfica, princípio compatível com a abordagem sistêmica proposta por Christofolletti (1999) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

Na perspectiva do pensamento complexo, o Geocenário da Paisagem de 2010 representa uma fase de reorganização adaptativa. As interações entre ordem, desordem, organização e reorganização tornam-se mais evidentes à medida que o sistema responde às perturbações introduzidas pelas atividades humanas. Conforme Morin (2005), sistemas complexos não evoluem por trajetórias lineares, mas mediante processos de adaptação contínua, nos quais novas formas de organização emergem das relações estabelecidas entre seus componentes. Essa interpretação permite compreender que a paisagem da sub-bacia não se encontra em processo de simples degradação, mas de permanente reorganização, cuja direção depende da intensidade das pressões antrópicas e da capacidade de resiliência dos sistemas naturais.

A evolução observada até 2010 confirma a hipótese central desta tese de que os Geocenários da Paisagem constituem estados sucessivos de reorganização do espaço geográfico. Cada configuração representa uma condição temporária do sistema, resultante da interação entre geodiversidade, processos ecológicos, dinâmica hidrogeomorfológica, uso e cobertura da terra e fatores institucionais. Essa interpretação supera abordagens exclusivamente descritivas e permite compreender a paisagem como expressão material de processos complexos, multiescalares e historicamente acumulativos.

Quadro 17: Síntese do Geocenário da Paisagem – 2010

Dimensão analítica	Caracterização
Geodiversidade	Mantém o papel estruturador da paisagem e condiciona os processos ambientais.
Uso e cobertura da terra	Expansão e diversificação das formas de ocupação.
Estrutura da paisagem	Intensificação da fragmentação e aumento da heterogeneidade espacial.
Conectividade ecológica	Redução gradual da continuidade entre remanescentes florestais.
Conectividade hidrológica	Ampliação das interações entre montante e jusante.

Curso superior	Conservação predominante com redução gradual dos indicadores ambientais.
Curso médio	Maior intensidade de reorganização da paisagem.
Curso inferior	Crescente influência dos processos acumulados na rede hidrográfica.
Estado sistêmico	Complexificação estrutural e reorganização adaptativa.
Classificação do Geocenário	Geocenário de Complexificação da Paisagem.

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 18: Matriz de evolução sistêmica dos Geocenários da Paisagem (2005–2010)

Variável estruturante	2005	2010	Tendência evolutiva
Continuidade florestal	Moderada	Moderada	Declínio gradual
Fragmentação	Alta	Alta	Consolidação
Intensidade do uso da terra	Alta	Muito alta	Expansão
Complexidade espacial	Muito alta	Muito alta	Estabilização em elevado nível
Conectividade ecológica	Moderada	Moderada a baixa	Redução
Conectividade hidrológica	Alta	Alta	Mantida com maior influência sistêmica
Pressões antrópicas	Muito altas	Muito altas	Consolidação
Estado do sistema	Reorganização funcional	Complexificação adaptativa	Evolução sistêmica

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Síntese interpretativa

A análise integrada demonstra que o geocenário de 2010 marca a passagem de uma fase de expansão das transformações para uma etapa de complexificação funcional da paisagem, em que os processos ambientais passam a responder de forma cada vez mais integrada às intervenções antrópicas.

Essa configuração prepara a transição para o Geocenário da Paisagem de 2015, período em que a série histórica evidencia a consolidação das tendências identificadas desde 1985 e a intensificação dos mecanismos de reorganização do espaço geográfico, permitindo a construção da síntese retrospectiva que fundamentará o Geocenário Atual e os Geocenários Prospectivos propostos nesta tese.

4.3.3.6 Geocenário da Paisagem – 2015: consolidação da reorganização sistêmica da paisagem

O Geocenário da Paisagem correspondente ao ano de 2015 representa a consolidação dos processos de reorganização espacial identificados nas décadas anteriores. O conjunto

cartográfico da pesquisa evidencia que a paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva passa a apresentar maior heterogeneidade estrutural, resultante da intensificação das interações entre os elementos da geodiversidade, as mudanças no uso e na cobertura da terra”, a expansão das atividades agropecuárias e a ampliação das redes de circulação.

O Mapa 13 demonstra que essas transformações deixam de ocorrer de forma localizada e passam a constituir um padrão espacial contínuo ao longo dos principais compartimentos hidrográficos da sub-bacia.

Sob a perspectiva da Geoecologia da Paisagem, observa-se que a geodiversidade continua desempenhando papel estruturador da organização do espaço geográfico, condicionando a distribuição das formas do relevo, da rede hidrográfica, dos solos e das formações vegetais.

Entretanto, a crescente intensidade das atividades humanas modifica progressivamente a funcionalidade desses componentes, reduzindo a conectividade entre remanescentes florestais e ampliando a complexidade dos processos hidrogeomorfológicos. Essa configuração confirma que a evolução da paisagem resulta da interação permanente entre condicionantes naturais e processos socioeconômicos historicamente acumulados.

A análise multitemporal demonstra que, entre 1985 e 2015, as alterações deixam de representar apenas expansão do uso da terra e passam a refletir um processo de reorganização funcional do sistema ambiental.

As matrizes analíticas evidenciam aumento da fragmentação da cobertura florestal, maior diversificação das classes de uso e incremento das interfaces entre áreas naturais e antropizadas. Como consequência, os fluxos hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos passam a responder de forma mais integrada às modificações produzidas na paisagem.

A compartimentação hidrográfica confirma que os processos de transformação permanecem espacialmente diferenciados. O curso superior mantém os maiores níveis de conservação relativa, embora apresente redução gradual dos indicadores de integridade ambiental.

O curso médio consolida-se como o principal núcleo de reorganização da paisagem, concentrando as maiores mudanças associadas à agricultura, aos sistemas produtivos e à infraestrutura viária. No curso inferior, as alterações tornam-se mais evidentes em decorrência dos efeitos cumulativos propagados pela conectividade hidrológica, demonstrando que a dinâmica ambiental da sub-bacia deve ser compreendida como um sistema integrado e não como compartimentos isolados.

Na perspectiva dos sistemas complexos, o Geocenário de 2015 caracteriza-se pelo fortalecimento dos mecanismos de retroalimentação. As alterações produzidas em um compartimento passam a influenciar diretamente o comportamento dos demais setores da sub-bacia, intensificando processos de reorganização espacial e modificando a capacidade adaptativa do sistema.

Essa condição confirma a proposição de Morin (2005), segundo a qual sistemas complexos evoluem mediante processos contínuos de ordem, desordem, interação e reorganização, produzindo novos estados de equilíbrio dinâmico.

Os resultados obtidos demonstram que a paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva não evolui por substituições abruptas, mas por sucessivas reorganizações estruturais e funcionais. Assim, o Geocenário da Paisagem de 2015 representa uma etapa intermediária entre os estados de conservação predominantes nas décadas iniciais e a configuração contemporânea observada em 2023, caracterizada por maior complexidade ambiental e intensificação das interações entre os componentes naturais e antrópicos.

Quadro 19: Síntese do Geocenário da Paisagem – 2015

Dimensão analítica	Caracterização
Geodiversidade	Mantém o controle estrutural da paisagem e condiciona os processos ambientais.
Uso e cobertura da terra	Consolidação da expansão agropecuária e diversificação dos usos.
Estrutura da paisagem	Aumento da heterogeneidade espacial e da fragmentação florestal.
Conectividade ecológica	Redução gradual da continuidade entre os remanescentes naturais.
Conectividade hidrológica	Intensificação das interações entre montante, médio curso e jusante.
Curso superior	Conservação predominante com alterações pontuais.
Curso médio	Compartimento de maior reorganização espacial.
Curso inferior	Ampliação dos efeitos cumulativos propagados pela rede hidrográfica.
Estado sistêmico	Reorganização adaptativa consolidada.
Classificação do Geocenário	Geocenário de Reorganização Sistêmica Consolidada.

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 22: Matriz de evolução dos Geocenários da Paisagem (2010–2015)

Variável estruturante	2010	2015	Tendência
Continuidade florestal	Moderada	Moderada a baixa	Redução gradual
Fragmentação	Alta	Alta	Consolidação

Diversidade de usos	Alta	Muito alta	Expansão
Complexidade espacial	Muito alta	Muito alta	Consolidação
Conectividade ecológica	Moderada	Moderada	Declínio gradual
Conectividade hidrológica	Alta	Alta	Maior integração funcional
Pressões antrópicas	Muito altas	Muito altas	Intensificação
Estado sistêmico	Complexificação adaptativa	Reorganização sistêmica	Consolidação

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Integração dos resultados

A análise comparativa dos geocenários evidencia que a paisagem evolui por reorganizações sucessivas, nas quais a geodiversidade permanece como suporte estrutural enquanto os processos de uso e cobertura da terra condicionam as mudanças funcionais observadas ao longo da série histórica.

Esse comportamento confirma a hipótese apresentada na tese de que a paisagem deve ser interpretada como um sistema complexo, organizado por interações permanentes entre processos naturais e ações humanas, cuja dinâmica somente pode ser compreendida por meio da integração entre cartografia multitemporal, matrizes analíticas, indicadores ambientais e análise sistêmica. Essa abordagem está em consonância com o objetivo geral da pesquisa e com a estrutura metodológica proposta para os geocenários da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

4.3.3.7 Geocenário da Paisagem – 2023: configuração atual e consolidação da reorganização do sistema complexo

O Geocenário da Paisagem de 2023 representa a configuração contemporânea da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva e sintetiza os processos de reorganização espacial acumulados ao longo da série histórica iniciada em 1985. Essa configuração constitui o estado atual do sistema analisado, resultado da interação contínua entre a geodiversidade, as mudanças no uso e na cobertura da terra, a dinâmica hidrogeomorfológica, os processos ecológicos e as ações antrópicas desenvolvidas nas últimas quatro décadas. Conforme a estrutura metodológica da tese, esse geocenário estabelece a referência para a construção dos cenários prospectivos e para a formulação das estratégias de planejamento do espaço geográfico.

A interpretação do Mapa 14, complementada pelos Mapas 15, 16 e 17, evidencia que a paisagem atual apresenta elevada heterogeneidade espacial, organizada por compartimentos que respondem de maneira diferenciada às pressões antrópicas e aos condicionantes físicos da geodiversidade.

Essa configuração confirma que a evolução da paisagem ocorreu mediante sucessivas reorganizações funcionais, nas quais os processos naturais permaneceram estruturando o sistema, enquanto as formas de uso e de cobertura da terra passaram a exercer maior influência sobre sua dinâmica.

Sob a perspectiva da Geoecologia da Paisagem, observa-se que a geodiversidade continua constituindo o suporte físico responsável pela estabilidade estrutural da sub-bacia. A rede hidrográfica, os compartimentos geomorfológicos, os sistemas pedológicos e as formações vegetais mantêm elevada interdependência funcional, embora respondam de maneira distinta à intensificação das atividades humanas. Essa condição demonstra que a reorganização da paisagem não modifica a estrutura geológica ou geomorfológica do sistema, mas altera progressivamente seus processos ecológicos, hidrológicos e biofísicos, produzindo novas configurações espaço-temporais.

Os indicadores sintetizados na tese demonstram comportamentos distintos entre os três compartimentos fluviais. O curso superior apresentou índice de 90,79, correspondendo a uma redução acumulada de 8,23% em relação a 1985, permanecendo classificado como Geocénario de Conservação, evidenciando elevada capacidade de manutenção dos processos naturais. O curso médio registrou índice de 87,53, com redução acumulada de 12,53%, caracterizando um Geocénario de Intensificação, no qual a expansão das atividades produtivas e da infraestrutura intensificou as transformações da paisagem.

O curso inferior apresentou o menor índice da série histórica, 84,78, acumulando redução de 13,11%, sendo classificado como Geocénario de Intensificação Crítica, condição que reflete a ação cumulativa das intervenções realizadas ao longo de toda a rede hidrográfica.

Esses resultados demonstram que a evolução da paisagem ocorreu de forma espacialmente diferenciada, confirmando que a intensidade das transformações depende simultaneamente das características da geodiversidade, da acessibilidade, da ocupação humana e da conectividade hidrológica.

A redução progressiva dos indicadores não representa apenas diminuição quantitativa da cobertura florestal, mas evidencia alterações na funcionalidade do sistema, especialmente na conectividade ecológica, na estabilidade hidrogeomorfológica e na capacidade de

manutenção dos serviços ecossistêmicos.

A conectividade hidrológica assume papel central na interpretação do Geocenário de 2023. Os fluxos de água, sedimentos, nutrientes, matéria orgânica e energia conectam continuamente os compartimentos superior, médio e inferior, fazendo com que alterações produzidas em áreas localizadas sejam progressivamente propagadas ao longo da rede hidrográfica.

Dessa forma, a paisagem deve ser compreendida como um sistema funcional integrado, no qual os processos desenvolvidos em montante influenciam diretamente as condições ambientais observadas a jusante, reforçando a importância da sub-bacia hidrográfica como unidade de análise geográfica.

Sob a perspectiva dos sistemas complexos, a configuração observada em 2023 representa um novo estado de organização do sistema ambiental. As transformações acumuladas desde 1985 produziram novos padrões de interação entre elementos físicos, ecológicos e socioeconômicos, caracterizando uma reorganização adaptativa da paisagem. Conforme a teoria da complexidade, essa reorganização não corresponde ao colapso do sistema, mas à emergência de uma nova condição dinâmica, na qual ordem, desordem, interação e reorganização coexistem permanentemente, produzindo estados sucessivos de equilíbrio instável (Morin, 2005).

A análise integrada confirma, portanto, que os Geocenários da Paisagem representam estados evolutivos do espaço geográfico construídos pela interação entre geodiversidade, processos ecológicos, dinâmica hidrogeomorfológica, uso e cobertura da terra, fatores socioeconômicos e mecanismos de governança. Nessa perspectiva, o Geocenário de 2023 não constitui o ponto final da evolução da paisagem, mas o estado de referência utilizado para fundamentar a construção dos geocenários prospectivos desenvolvidos na sequência desta tese.

Quadro 20: Síntese do Geocenário da Paisagem – 2023

Dimensão analítica	Caracterização
Geodiversidade	Mantém o controle estrutural do sistema ambiental.
Uso e cobertura da terra	Configuração espacial consolidada e altamente heterogênea.
Estrutura da paisagem	Fragmentação estabilizada em elevado nível.
Conectividade ecológica	Redução da continuidade dos remanescentes florestais.
Conectividade hidrológica	Elevada integração funcional entre os compartimentos fluviais.

Curso superior	Conservação predominante e maior resiliência ambiental.
Curso médio	Intensificação das transformações associadas ao uso da terra.
Curso inferior	Maior vulnerabilidade decorrente dos efeitos cumulativos.
Estado sistêmico	Reorganização complexa consolidada.
Classificação geral	Geocenário Atual da Paisagem.

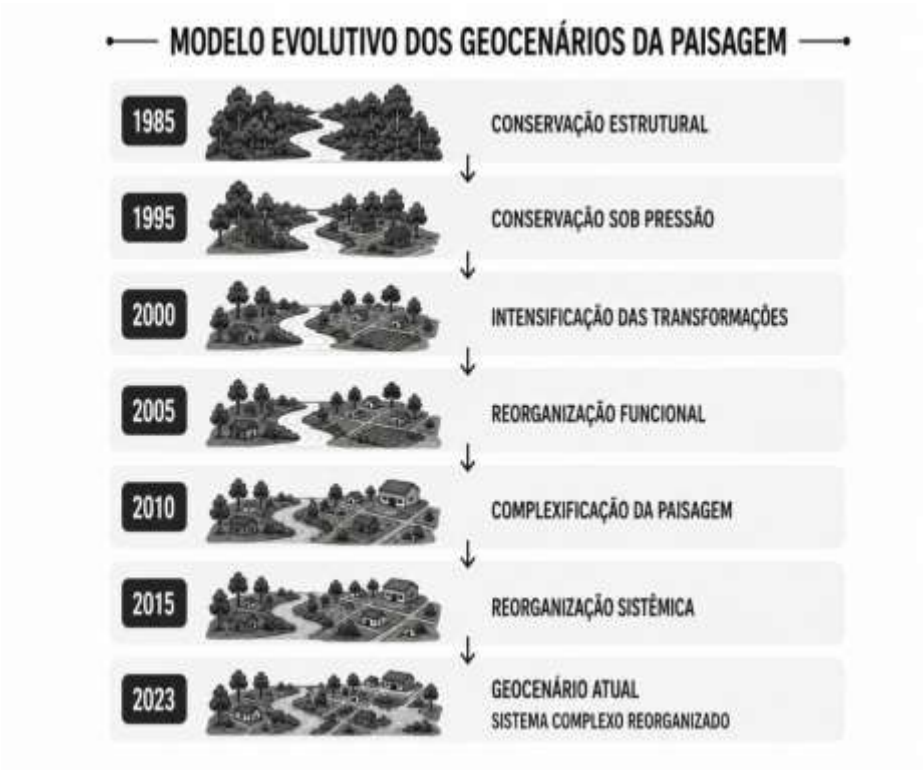
Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 24: Matriz de evolução dos Geocenários da Paisagem (1985–2023)

Curso fluvial	1985	1995	2000	2005	2010	2015	2023	Variação acumulada	Classificação
Superior	99,02	94,82	80,83	93,80	93,62	93,62	90,79	−8,23	Conservação
Médio	100,06	90,11	85,18	91,09	90,54	90,54	87,53	−12,53	Intensificação
Inferior	97,89	91,34	90,98	89,16	88,63	88,63	84,78	−13,11	Intensificação crítica

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Figura 13: Modelo evolutivo dos Geocenários da Paisagem



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Síntese da análise retrospectiva

A série histórica demonstra que a evolução da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva não ocorreu por eventos isolados, mas por sucessivas reorganizações da paisagem

resultantes da interação entre condicionantes naturais e intervenções antrópicas. A geodiversidade permaneceu como base estrutural do sistema, enquanto o uso e a cobertura da terra atuaram como principais vetores de transformação funcional.

Essa interpretação converge com o objetivo central da tese de construir geogeocenários do passado, presente e futuro a partir das redes de complexidade dos elementos da geodiversidade e da paisagem.

A conclusão da análise retrospectiva permite integrar os sete geocenários em uma matriz evolutiva única, identificando permanências, rupturas, fatores motores, limiares de transformação e mecanismos de retroalimentação.

Essa síntese constituirá a base metodológica para a caracterização do Geocenário Atual e para a modelagem dos Geocenários Prospectivos, consolidando a proposta conceitual dos Geocenários da Paisagem como principal contribuição teórico-metodológica desta tese.

4.3.4 Síntese do Geocenário Retrospectivo da Paisagem

A análise retrospectiva da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva evidencia que a evolução da paisagem entre 1985 e 2023 não corresponde a uma sucessão de eventos independentes, mas a um processo contínuo de reorganização do espaço geográfico, resultante da interação entre a geodiversidade, a biodiversidade, a dinâmica hidrogeomorfológica, as mudanças no uso e na cobertura da terra, as atividades socioeconômicas e os mecanismos de governança ambiental.

A integração dos mapas multitemporais, das matrizes analíticas, dos indicadores ambientais e da compartimentação hidrográfica demonstra que as transformações ocorreram de forma cumulativa, diferenciada e sistêmica, produzindo estados sucessivos da paisagem ao longo da série histórica. Essa organização metodológica corresponde à estrutura analítica desenvolvida no Capítulo IV da tese.

Diferentemente das abordagens que analisam apenas mudanças no uso e na cobertura da terra, a interpretação construída nesta pesquisa demonstra que os estados sucessivos da paisagem representam respostas emergentes de um sistema complexo, no qual processos físicos, ecológicos e sociais interagem continuamente.

Assim, cada Geocenário da Paisagem constitui uma configuração espaço-temporal específica, caracterizada por determinado grau de estabilidade, conectividade, vulnerabilidade e capacidade adaptativa. Essa interpretação amplia a compreensão da paisagem ao integrar

sua estrutura física, seu funcionamento ecológico e sua dinâmica evolutiva em uma única categoria analítica.

A reconstrução histórica evidencia três grandes fases evolutivas da paisagem. A primeira compreende o período entre 1985 e 1995, caracterizado pelo predomínio da estabilidade estrutural e pela elevada integridade dos componentes naturais.

A segunda corresponde ao intervalo entre 2000 e 2010, marcado pela intensificação das transformações associadas à expansão das atividades produtivas, da infraestrutura e da fragmentação da cobertura florestal. A terceira fase, compreendida entre 2015 e 2023, caracteriza-se pela consolidação de um novo estado funcional da paisagem, no qual predominam processos de reorganização sistêmica, elevada heterogeneidade espacial e maior complexidade das interações entre os componentes ambientais.

Essa evolução demonstra que a geodiversidade permaneceu como elemento estruturador da paisagem durante todo o período analisado. Geologia, geomorfologia, relevo, solos e rede hidrográfica mantiveram relativa estabilidade estrutural, condicionando a distribuição dos processos ecológicos, da cobertura vegetal e das formas de ocupação do espaço geográfico.

Em contrapartida, o uso e a cobertura da terra constituíram os principais componentes dinâmicos da evolução da paisagem, respondendo diretamente às transformações promovidas pelas atividades humanas e funcionando como principal vetor de reorganização funcional do sistema ambiental.

A compartimentação hidrográfica confirma que a evolução da paisagem ocorreu de forma espacialmente diferenciada. O curso superior apresentou maior capacidade de conservação, mantendo elevados índices de integridade ambiental durante toda a série histórica.

O curso médio concentrou as maiores taxas de transformação, refletindo a influência da infraestrutura viária, da expansão agropecuária e da intensificação das atividades econômicas. O curso inferior, por sua vez, apresentou maior vulnerabilidade aos efeitos cumulativos propagados pela conectividade hidrológica, demonstrando que as alterações produzidas em montante repercutem progressivamente sobre os demais compartimentos da sub-bacia.

A análise integrada dos indicadores evidencia que a redução dos índices de condição da paisagem não ocorreu de forma linear. Os períodos de maior intensificação das transformações coincidem com a ampliação das frentes de ocupação, da infraestrutura

regional e da diversificação dos sistemas produtivos, demonstrando que a reorganização da paisagem responde a múltiplos fatores que atuam simultaneamente sobre o sistema ambiental. Essa característica reforça a necessidade de interpretar a paisagem segundo os princípios da complexidade, nos quais pequenas alterações acumuladas podem produzir respostas sistêmicas de grande magnitude.

Sob a perspectiva metodológica, a integração entre cartografia multitemporal, geoprocessamento, sensoriamento remoto, indicadores ambientais, matrizes analíticas e interpretação sistêmica constitui um dos principais avanços desta pesquisa.

Essa articulação permitiu construir uma leitura evolutiva da paisagem baseada em evidências empíricas e não apenas em descrições cartográficas isoladas, ampliando a capacidade explicativa da análise geográfica e fortalecendo a interpretação da dinâmica ambiental da sub-bacia hidrográfica.

Os resultados obtidos também demonstram que a conectividade hidrológica representa um dos principais mecanismos responsáveis pela organização funcional da paisagem. A circulação de água, sedimentos, nutrientes e matéria orgânica estabelece relações permanentes entre os compartimentos superior, médio e inferior, fazendo com que alterações localizadas sejam progressivamente propagadas ao longo da rede hidrográfica. Essa condição confirma a sub-bacia como unidade funcional de análise e reforça a necessidade de estratégias integradas de planejamento e gestão ambiental.

A síntese retrospectiva confirma, portanto, a hipótese central desta tese: a evolução da paisagem amazônica resulta da interação permanente entre a estabilidade relativa da geodiversidade e a dinâmica dos processos antrópicos, produzindo sucessivos estados de reorganização do espaço geográfico.

Esses estados foram interpretados por meio da proposta conceitual dos Geocenários da Paisagem, compreendidos como categorias analíticas capazes de integrar estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução dos sistemas ambientais em diferentes escalas espaço-temporais.

Quadro 21: Síntese evolutiva dos Geocenários da Paisagem (1985–2023)

Período	Estado predominante da paisagem	Processos dominantes	Resposta sistêmica	Geocenário
1985	Elevada estabilidade ambiental	Predomínio da cobertura florestal e alta conectividade	Autorregulação natural	Conservação Estrutural
1995	Início das	Expansão linear da ocupação e	Pressões localizadas	Conservação sob

	transformações	abertura de novas áreas		Pressão
2000	Intensificação da reorganização	Fragmentação da cobertura florestal e expansão agropecuária	Redução da conectividade	Intensificação da Transformação
2005	Consolidação das mudanças	Ampliação da heterogeneidade espacial e reorganização funcional	Retroalimentações positivas	Reorganização Funcional
2010	Complexificação do sistema	Intensificação das interações entre processos naturais e antrópicos	Complexificação adaptativa	Complexificação da Paisagem
2015	Consolidação da reorganização	Fortalecimento das interações sistêmicas	Novo equilíbrio dinâmico	Reorganização Sistêmica
2023	Configuração contemporânea	Integração entre geodiversidade, uso da terra e governança	Sistema complexo reorganizado	Geocenário Atual

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 26: Matriz de permanências, rupturas e tendências da evolução da paisagem

Componente	Permanência	Transformação	Tendência identificada
Geologia	Muito alta	Muito baixa	Controle estrutural permanente
Geomorfologia	Muito alta	Baixa	Estabilidade morfoestrutural
Solos	Alta	Moderada	Alterações funcionais decorrentes do uso
Hidrografia	Alta	Moderada	Manutenção da conectividade estrutural
Cobertura florestal	Moderada	Alta	Redução e fragmentação progressivas
Uso da terra	Baixa	Muito alta	Expansão e diversificação
Atividades econômicas	Crescente	Alta	Intensificação das pressões antrópicas
Governança ambiental	Variável	Crescente	Ampliação da importância na reorganização da paisagem

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Modelo integrador da síntese retrospectiva

A síntese retrospectiva demonstra que os Geocenários da Paisagem constituem uma sequência evolutiva organizada por relações de causalidade múltipla, retroalimentação e adaptação. A geodiversidade fornece a base estrutural do sistema; a biodiversidade expressa sua funcionalidade ecológica; o uso e a cobertura da terra representam os principais vetores de transformação; a conectividade hidrológica integra os compartimentos da sub-bacia; e a governança ambiental atua como mecanismo capaz de ampliar ou reduzir a intensidade das mudanças.

4.4 Geocenário Atual da Paisagem: diagnóstico integrado da configuração contemporânea da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva

A construção do Geocenário Atual da Paisagem representa a etapa de convergência entre a reconstrução retrospectiva e a modelagem prospectiva desenvolvidas nesta tese. Diferentemente da análise retrospectiva, cuja finalidade consistiu em compreender a evolução da paisagem entre 1985 e 2023, o geocenário atual tem como objetivo diagnosticar o estado contemporâneo do sistema ambiental, integrando os resultados produzidos pelas matrizes analíticas, pelos indicadores normalizados, pelos mapas temáticos, pelas análises espaciais e pelos levantamentos de campo.

Essa integração permite compreender a configuração atual da paisagem como expressão de um sistema complexo em permanente reorganização, constituindo a condição de referência para a construção dos cenários futuros.

Sob a perspectiva da proposta metodológica apresentada nesta pesquisa, o Geocenário Atual não corresponde apenas ao último recorte temporal da série histórica. Ele representa a síntese funcional do sistema ambiental, construída a partir da integração entre geodiversidade, biodiversidade, dinâmica hidrogeomorfológica, uso e cobertura da terra, conectividade ecológica, processos socioeconômicos e mecanismos de governança.

Dessa forma, constitui o estado contemporâneo da paisagem e sintetiza as condições de estabilidade, vulnerabilidade, resiliência e potencial de reorganização identificadas na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Essa interpretação aproxima-se da concepção sistêmica da paisagem proposta por Bertrand e Bertrand (2007), segundo a qual a configuração observada em determinado momento representa um estado transitório de organização do sistema geográfico. Entretanto, a presente tese amplia essa interpretação ao incorporar a geodiversidade como elemento estruturador, os princípios dos sistemas complexos como fundamento analítico e a modelagem de geocenários como instrumento de interpretação da evolução da paisagem.

Os resultados obtidos demonstram que a configuração atual da sub-bacia apresenta elevado grau de heterogeneidade espacial. Os diferentes compartimentos hidrográficos respondem de forma distinta às pressões antrópicas, refletindo diferenças na compartimentação geomorfológica, na distribuição da cobertura vegetal, nos padrões de ocupação e na intensidade das atividades produtivas. Essa heterogeneidade confirma que a paisagem não evolui de maneira uniforme, mas mediante trajetórias diferenciadas

condicionadas simultaneamente pelos componentes da geodiversidade e pelos processos de apropriação do espaço geográfico.

A análise integrada evidencia que a geodiversidade continua desempenhando papel estruturador da paisagem. As unidades geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hidrográficas permanecem relativamente estáveis ao longo da série histórica, condicionando a distribuição da cobertura vegetal, a dinâmica dos processos erosivos, a circulação da água e os padrões de ocupação humana.

Em contrapartida, os componentes relacionados ao uso e à cobertura da terra apresentam elevada dinâmica, constituindo o principal mecanismo responsável pela reorganização funcional da paisagem.

A compartimentação hidrográfica confirma esse comportamento. O curso superior apresenta maior integridade ambiental, elevada conectividade ecológica e predominância de processos de conservação. O curso médio concentra as maiores transformações relacionadas à expansão das atividades agropecuárias, da infraestrutura e da ocupação humana, constituindo o principal núcleo de reorganização da paisagem. O curso inferior apresenta maior vulnerabilidade aos efeitos cumulativos propagados pela rede hidrográfica, refletindo a integração funcional existente entre montante e jusante.

Os indicadores sintetizados na pesquisa demonstram que a condição atual da paisagem resulta da interação entre estabilidade estrutural e transformação funcional. Enquanto a geodiversidade mantém elevada permanência, a redução progressiva dos índices associados à cobertura da terra e à conectividade ecológica evidencia modificações significativas na funcionalidade ambiental da sub-bacia. Essa condição reforça a interpretação de que a paisagem não deve ser compreendida apenas por seus atributos estruturais, mas também pelos processos que regulam seu funcionamento e sua capacidade adaptativa.

Sob a perspectiva da Teoria dos Sistemas Complexos, o Geocenário Atual representa um estado emergente de organização. A configuração observada em 2023 resulta da acumulação de processos ocorridos ao longo das últimas quatro décadas, produzindo uma nova condição dinâmica caracterizada pela coexistência entre estabilidade estrutural, reorganização funcional e adaptação contínua. Essa interpretação demonstra que a paisagem não se encontra em equilíbrio estático, mas em permanente transformação, respondendo simultaneamente às perturbações ambientais e às estratégias de uso do espaço geográfico.

4.4.1 Estrutura funcional do Geocenário Atual

A interpretação do Geocenário Atual foi organizada mediante a integração de seis componentes estruturantes, considerados essenciais para explicar o funcionamento contemporâneo da sub-bacia hidrográfica.

Quadro 22: Componentes estruturantes do Geocenário Atual da Paisagem

Componente	Situação observada	Papel na organização da paisagem
Geodiversidade	Elevada estabilidade estrutural	Base física do sistema ambiental
Biodiversidade	Redução localizada da conectividade ecológica	Regulação dos processos ecológicos
Uso e cobertura da terra	Intensificação e diversificação dos usos	Principal vetor de transformação
Dinâmica hidrogeomorfológica	Maior sensibilidade em áreas antropizadas	Integração funcional da sub-bacia
Processos socioeconômicos	Consolidação das atividades produtivas	Intensificação das pressões ambientais
Governança ambiental	Instrumentos existentes com efetividade variável	Capacidade de resposta do sistema

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.4.2 Diagnóstico integrado por compartimento hidrográfico

A análise integrada dos compartimentos hidrográficos evidencia diferenças significativas na organização atual da paisagem. Essas diferenças justificam a adoção da sub-bacia hidrográfica como unidade funcional de análise, permitindo compreender a influência da conectividade hidrológica na propagação das transformações ambientais.

Quadro 23: Diagnóstico integrado do Geocenário Atual

Compartimento	Condição predominante	Vulnerabilidade	Resiliência	Classe do Geocenário
Curso superior	Conservação predominante	Baixa	Alta	Conservação
Curso médio	Transformação intensificada	Média	Moderada	Intensificação
Curso inferior	Transformação acumulada	Alta	Moderada a baixa	Intensificação crítica

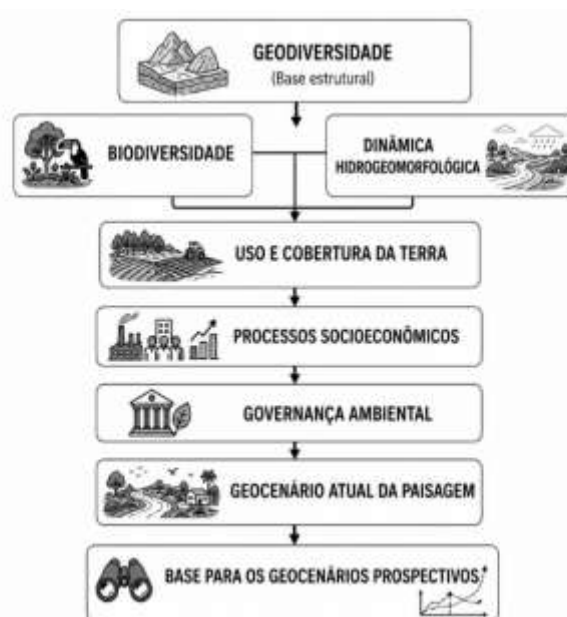
Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.4.3 Modelo conceitual do Geocenário Atual

A síntese dos resultados demonstra que o Geocenário Atual da Paisagem representa uma configuração dinâmica organizada por relações de interdependência entre componentes naturais e antrópicos. A geodiversidade fornece a estrutura física do sistema; a biodiversidade expressa sua funcionalidade ecológica; o uso e cobertura da terra constituem o principal vetor de transformação; a conectividade hidrológica integra os compartimentos da sub-bacia; e a governança ambiental atua como elemento regulador da intensidade das mudanças.

Essa organização evidencia que a paisagem contemporânea resulta da convergência entre permanências estruturais e transformações funcionais. Consequentemente, o Geocenário Atual constitui a base analítica para a construção dos Geocenários Prospectivos, pois representa o estado inicial a partir do qual serão avaliadas as trajetórias futuras da sub-bacia hidrográfica.

Figura 14: Estrutura conceitual do Geocenário Atual



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

A partir do diagnóstico integrado do Geocenário Atual, a análise avança para a construção dos Geocenários Prospectivos da Paisagem, fundamentados na evolução observada entre 1985 e 2023 e estruturados em cenários tendencial, sustentável e crítico.

Diferentemente de previsões determinísticas, esses cenários constituem trajetórias plausíveis de reorganização do espaço geográfico, elaboradas a partir das tendências identificadas, das vulnerabilidades diagnosticadas, da capacidade de resiliência do sistema ambiental e dos diferentes níveis de governança e intervenção possíveis. Essa etapa consolida

a aplicação da abordagem dos Geocenários da Paisagem como instrumento de planejamento ambiental e de apoio à gestão integrada da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

4.5 Geocenários Prospectivos da Paisagem

A construção dos Geocenários Prospectivos representa a terceira dimensão analítica da abordagem proposta nesta tese. Enquanto o Geocenário Retrospectivo reconstruiu a evolução da paisagem entre 1985 e 2023 e o Geocenário Atual sintetizou sua configuração contemporânea, os Geocenários Prospectivos analisam trajetórias futuras plausíveis para a reorganização da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva. Não se trata de prever o futuro, mas de compreender como diferentes combinações entre fatores naturais, sociais, econômicos e institucionais podem produzir configurações distintas da paisagem.

Essa abordagem fundamenta-se no entendimento de que sistemas ambientais apresentam comportamento adaptativo e elevada sensibilidade às mudanças em seus componentes estruturantes. Em sistemas complexos, pequenas alterações podem desencadear respostas de grande magnitude, enquanto intervenções planejadas podem aumentar a capacidade de adaptação e reduzir vulnerabilidades.

Dessa forma, a prospectiva constitui um instrumento de apoio ao planejamento, permitindo avaliar alternativas de organização do espaço geográfico diante de diferentes contextos de decisão.

Os Geocenários Prospectivos foram elaborados a partir da integração entre os resultados produzidos nas análises retrospectiva e atual, incorporando as tendências observadas na série histórica, os indicadores ambientais, a compartimentação hidrográfica, a dinâmica da cobertura da terra, os processos hidrogeomorfológicos e os fatores socioeconômicos identificados ao longo da pesquisa.

Essa integração assegura coerência metodológica entre as três dimensões analíticas dos Geocenários da Paisagem e permite interpretar o futuro como continuidade das relações sistêmicas observadas no presente.

A elaboração dos cenários considerou que a evolução da paisagem depende da interação entre variáveis estruturantes relativamente estáveis, fatores motores de transformação, mecanismos de retroalimentação e decisões relacionadas ao planejamento e à governança ambiental. Consequentemente, cada cenário representa uma trajetória plausível de reorganização da paisagem, construída mediante diferentes combinações desses componentes e não como previsão determinística.

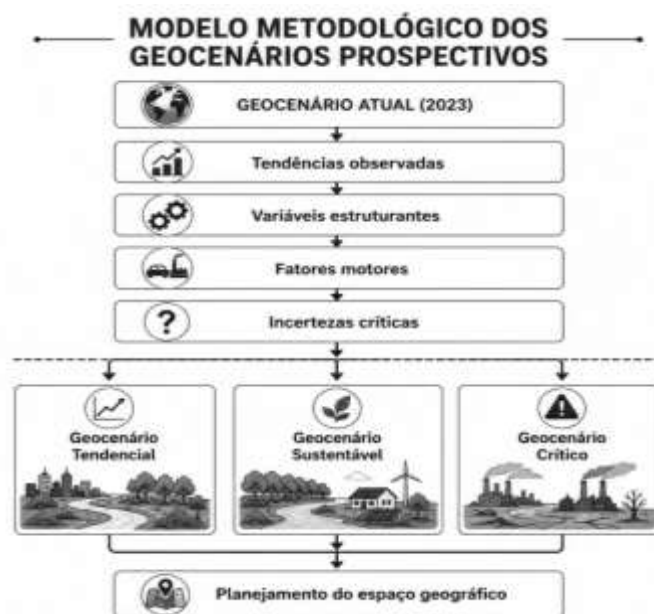
4.5.1 Bases metodológicas da construção prospectiva

A modelagem dos Geocenários Prospectivos foi desenvolvida a partir da integração entre planejamento por cenários, Ciência da Paisagem, Geoecologia, Geodiversidade e Sistemas Complexos. A construção metodológica utilizou como referência os procedimentos propostos por Godet (2000), Buarque (2003), Verburg et al. (2006), Bohnet e Smith (2010), Geneletti (2012), Gomes et al. (2020), Oriol et al. (2024) e Zeng, Wu e Chen (2024), adaptados às características ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva e articulados à proposta conceitual dos Geocenários da Paisagem.

Diferentemente dos modelos prospectivos centrados exclusivamente em mudanças do uso da terra, a abordagem proposta nesta tese incorpora simultaneamente a geodiversidade, a biodiversidade, a conectividade hidrológica, os processos hidrogeomorfológicos, a dinâmica socioeconômica e a governança ambiental. Essa integração amplia a capacidade interpretativa da modelagem, permitindo compreender não apenas onde a paisagem poderá mudar, mas como e por que essas transformações podem ocorrer.

O ponto de partida da modelagem corresponde ao Geocenário Atual da Paisagem, considerado a condição inicial do sistema. A partir dessa configuração foram identificadas as tendências predominantes, os fatores de transformação, as vulnerabilidades ambientais e os elementos de maior capacidade adaptativa. Esses componentes constituíram a base para a elaboração dos cenários prospectivos.

Figura 15: Modelo metodológico dos Geocenários Prospectivos



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.5.2 Variáveis estruturantes

A modelagem prospectiva identificou um conjunto de variáveis cuja influência é determinante para a evolução futura da paisagem. Essas variáveis foram selecionadas com base na análise retrospectiva, nos indicadores produzidos pela pesquisa e na interpretação sistêmica do funcionamento da sub-bacia hidrográfica.

Quadro 24: Variáveis estruturantes dos Geocenários Prospectivos

Variável	Tendência observada	Influência na paisagem
Geodiversidade	Estável	Estrutura física do sistema
Cobertura florestal	Redução gradual	Conectividade ecológica
Uso da terra	Expansão	Reorganização espacial
Conectividade hidrológica	Mantida	Integração dos compartimentos
Agricultura	Crescente	Pressão sobre os recursos naturais
Turismo	Crescimento moderado	Potencial de conservação
Governança ambiental	Variável	Controle das transformações
Mudanças climáticas	Crescente	Intensificação dos processos hidrológicos
Infraestrutura	Expansão	Novos vetores de ocupação
Conservação	Dependente das políticas públicas	Resiliência da paisagem

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.5.3 Fatores motores da reorganização da paisagem

A construção dos Geocenários Prospectivos fundamenta-se na identificação dos fatores motores responsáveis pela reorganização da paisagem na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Esses fatores correspondem aos processos que condicionam a direção, a intensidade e a velocidade das transformações observadas ao longo da série histórica, constituindo os principais elementos explicativos da dinâmica ambiental contemporânea. Sua identificação resulta da integração entre os indicadores ambientais, os mapas multitemporais, as matrizes analíticas, os levantamentos de campo e a interpretação sistêmica desenvolvida nesta pesquisa.

Os resultados demonstram que a reorganização da paisagem não decorre de um único agente transformador, mas da interação entre fatores naturais e antrópicos que atuam simultaneamente em diferentes escalas espaciais e temporais. A geodiversidade permanece como elemento estruturador do sistema, enquanto os processos relacionados ao uso da terra, à

expansão da infraestrutura, às atividades produtivas e à governança ambiental determinam a intensidade das mudanças observadas na paisagem. Essa interação confirma que a evolução do sistema ambiental depende tanto da permanência dos condicionantes físicos quanto da dinâmica das ações humanas.

Sob essa perspectiva, os fatores motores foram organizados em cinco grupos estruturantes: fatores físico-naturais, fatores ecológicos, fatores socioeconômicos, fatores institucionais e fatores climáticos. Essa classificação permite compreender como diferentes componentes influenciam, de forma integrada, a reorganização do espaço geográfico e subsidiam a construção dos Geocenários Prospectivos.

Quadro 25: Fatores motores da reorganização da paisagem

Grupo	Fator motor	Tendência observada	Influência sobre a paisagem
Físico-natural	Geodiversidade	Estável	Condiciona a estrutura física e a organização espacial
Físico-natural	Rede hidrográfica	Estável	Mantém a conectividade funcional da sub-bacia
Ecológico	Cobertura florestal	Redução gradual	Diminui a conectividade ecológica
Ecológico	Biodiversidade	Pressão crescente	Reduz a resiliência ambiental
Socioeconômico	Agricultura	Expansão	Amplia a conversão do uso da terra
Socioeconômico	Pecuária	Crescimento localizado	Intensifica processos de fragmentação
Socioeconômico	Infraestrutura viária	Expansão	Favorece novos vetores de ocupação
Socioeconômico	Urbanização	Crescimento moderado	Intensifica a demanda por recursos naturais
Institucional	Governança ambiental	Variável	Pode reduzir ou ampliar as pressões antrópicas
Climático	Eventos extremos	Tendência de intensificação	Amplia vulnerabilidades hidrogeomorfológica

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

A análise integrada evidencia que esses fatores não atuam isoladamente. A expansão da infraestrutura, por exemplo, favorece a ocupação de novas áreas, intensifica a conversão da cobertura da terra e modifica a conectividade ecológica, produzindo respostas hidrológicas e geomorfológicas que se propagam por toda a sub-bacia. De maneira semelhante, a efetividade da governança ambiental pode reduzir ou intensificar os efeitos dessas transformações, influenciando diretamente a capacidade adaptativa do sistema.

4.5.4 Incertezas críticas e mecanismos de retroalimentação

Embora as tendências observadas na série histórica permitam identificar direções predominantes da evolução da paisagem, o comportamento futuro da sub-bacia permanece

condicionado por incertezas associadas à dinâmica socioeconômica, às mudanças climáticas e às decisões relacionadas ao planejamento ambiental. Em sistemas complexos, essas incertezas não representam ausência de conhecimento, mas componentes inerentes à dinâmica dos processos ambientais, capazes de alterar significativamente a trajetória evolutiva do sistema.

Nesta pesquisa, as principais incertezas críticas foram identificadas a partir da análise dos fatores cuja evolução poderá modificar substancialmente a organização da paisagem nas próximas décadas. Essas variáveis apresentam elevado potencial de influência sobre a funcionalidade ambiental e devem ser consideradas na construção dos Geocenários Prospectivos.

Quadro 26: Incertezas críticas dos Geocenários Prospectivos

Incerteza	Possível comportamento	Consequência para a paisagem
Expansão agropecuária	Aceleração ou estabilização	Alteração do ritmo de conversão da cobertura da terra
Efetividade da governança	Fortalecimento ou enfraquecimento	Maior ou menor capacidade de conservação
Infraestrutura regional	Ampliação da acessibilidade	Novos vetores de reorganização espacial
Mudanças climáticas	Intensificação dos eventos extremos	Alterações hidrológicas e geomorfológicas
Políticas públicas	Continuidade ou descontinuidade	Diferentes níveis de proteção ambiental
Turismo sustentável	Expansão planejada ou crescimento desordenado	Conservação ou intensificação das pressões sobre a paisagem

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Essas incertezas atuam por meio de mecanismos de retroalimentação, nos quais alterações em determinado componente repercutem sobre os demais elementos do sistema. A intensificação da ocupação, por exemplo, modifica a cobertura da terra, altera os processos hidrológicos, influencia a estabilidade geomorfológica e reduz a conectividade ecológica, desencadeando respostas cumulativas que afetam a funcionalidade da sub-bacia.

Figura 16: Modelo sistêmico dos fatores motores e das retroalimentações



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.5.5 Critérios para a construção dos Geocenários Prospectivos

Com base nos fatores motores, nas incertezas críticas e nas tendências identificadas entre 1985 e 2023, os Geocenários Prospectivos foram organizados em três trajetórias plausíveis de reorganização da paisagem:

- **Geocenário de Continuidade:** representa a manutenção das tendências atuais, com continuidade das taxas observadas de transformação da cobertura da terra, expansão moderada das atividades produtivas e conservação parcial da funcionalidade ambiental.
- **Geocenário de Reorganização Sustentável:** considera o fortalecimento da governança ambiental, a ampliação das áreas conservadas, a recuperação da conectividade ecológica e a incorporação de práticas sustentáveis de uso do espaço geográfico, resultando em maior resiliência do sistema.
- **Geocenário de Intensificação Crítica:** admite a ampliação das pressões antrópicas, a expansão desordenada da infraestrutura e da conversão da cobertura da terra,

associadas à baixa efetividade da governança e à intensificação de eventos climáticos extremos, conduzindo ao aumento da vulnerabilidade ambiental e à redução da capacidade adaptativa da paisagem.

Esses três geocenários não representam previsões determinísticas. Constituem trajetórias condicionais, elaboradas a partir da integração entre os resultados empíricos da pesquisa, os fatores motores identificados e diferentes contextos de decisão. Dessa forma, a perspectiva proposta preserva a coerência metodológica da tese ao compreender o futuro como continuidade dinâmica dos processos observados no passado e no presente, consolidando os Geocenários da Paisagem como instrumento analítico para interpretação e planejamento do espaço geográfico.

4.5.6 Geocenário Prospectivo de Continuidade da Paisagem

O Geocenário Prospectivo de Continuidade representa a trajetória mais provável da paisagem caso as tendências identificadas entre 1985 e 2023 permaneçam sem alterações estruturais significativas. Esse cenário não corresponde a uma previsão determinística, mas à projeção de um estado futuro condicionado pela permanência dos atuais padrões de ocupação do espaço geográfico, pela manutenção das políticas públicas existentes e pela continuidade das relações estabelecidas entre geodiversidade, cobertura da terra, infraestrutura, atividades econômicas e governança ambiental.

A análise retrospectiva demonstrou que a evolução da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva ocorreu mediante sucessivas reorganizações da paisagem, caracterizadas pela permanência da geodiversidade como estrutura física do sistema e pela intensificação progressiva das transformações relacionadas ao uso e cobertura da terra. Caso essas tendências persistam, espera-se que a paisagem continue evoluindo por processos graduais de reorganização funcional, mantendo diferenças espaciais entre os compartimentos superior, médio e inferior.

Nesse contexto, o curso superior tende a conservar elevados níveis de integridade ambiental, em razão da predominância da cobertura florestal, da menor densidade de ocupação e da maior capacidade de resiliência dos sistemas naturais. Contudo, a continuidade das pressões antrópicas poderá reduzir gradativamente a conectividade ecológica e ampliar processos localizados de fragmentação, especialmente nas áreas mais acessíveis.

O curso médio deverá permanecer como o principal núcleo de reorganização da

paisagem. A continuidade da expansão agropecuária, associada ao fortalecimento da infraestrutura regional e ao crescimento das atividades econômicas, tende a ampliar a heterogeneidade espacial e intensificar a conversão da cobertura da terra. Como consequência, os processos hidrogeomorfológicos poderão apresentar maior sensibilidade às mudanças no balanço hídrico, aumentando a suscetibilidade à erosão e ao assoreamento em setores específicos da sub-bacia.

No curso inferior, a tendência predominante corresponde à ampliação dos efeitos cumulativos provenientes dos compartimentos situados a montante. Em razão da elevada conectividade hidrológica, alterações produzidas ao longo da rede de drenagem continuarão influenciando a dinâmica ambiental desse setor, modificando padrões de sedimentação, qualidade da água e funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

Quadro 27: Características do Geocenário Prospectivo de Continuidade

Componente	Tendência projetada	Resposta esperada
Geodiversidade	Estabilidade	Mantém a estrutura física da paisagem
Cobertura florestal	Redução gradual	Fragmentação progressiva
Uso do espaço geográfico	Expansão moderada	Consolidação das áreas produtivas
Conectividade ecológica	Redução localizada	Diminuição da funcionalidade ambiental
Conectividade hidrológica	Mantida	Propagação dos efeitos entre os compartimentos
Governança ambiental	Continuidade	Controle parcial das pressões antrópicas
Estado da paisagem	Reorganização gradual	Continuidade da tendência histórica

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Sob a perspectiva dos Sistemas Complexos, o Geocenário Prospectivo de Continuidade caracteriza-se pela manutenção dos mecanismos atuais de retroalimentação. As interações entre cobertura da terra, conectividade hidrológica, processos ecológicos e atividades humanas permanecerão produzindo reorganizações graduais da paisagem, sem alterações abruptas em sua estrutura física, mas com modificações progressivas em sua funcionalidade ambiental.

Figura 17: Modelo conceitual do Geocenário Prospectivo de Continuidade



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Síntese interpretativa

O Geocenário Prospectivo de Continuidade demonstra que a paisagem da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva tende a manter a trajetória evolutiva observada nas últimas quatro décadas. A geodiversidade continuará exercendo o papel de estrutura física do sistema, enquanto os processos relacionados ao uso e cobertura da terra permanecerão como os principais vetores de reorganização funcional. Assim, a paisagem evoluirá por mudanças graduais, mantendo elevada complexidade espacial e diferenças marcantes entre os compartimentos hidrográficos.

Entretanto, a continuidade dessa trajetória poderá ampliar vulnerabilidades ambientais localizadas, especialmente no curso médio e no curso inferior, caso não ocorram mudanças significativas nas estratégias de gestão e ordenamento do espaço geográfico. Esse resultado evidencia que a manutenção das tendências atuais preserva parte da funcionalidade do sistema, mas não é suficiente para reverter os processos de fragmentação e intensificação das pressões identificados na análise retrospectiva.

4.5.7 Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável da Paisagem

O Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável da Paisagem representa a trajetória de evolução da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva condicionada ao fortalecimento da governança ambiental, à valorização da geodiversidade como patrimônio natural estruturador, à conservação dos ecossistemas e à implementação de estratégias integradas de planejamento do espaço geográfico.

Diferentemente do Geocenário de Continuidade, esse cenário pressupõe mudanças institucionais e sociais capazes de modificar os fatores motores identificados na análise retrospectiva, favorecendo processos de reorganização compatíveis com a conservação ambiental e o desenvolvimento regional sustentável.

Sua construção fundamenta-se nos resultados obtidos ao longo da pesquisa, que demonstraram a elevada capacidade de resiliência da sub-bacia, especialmente nos setores onde a integridade da geodiversidade e da cobertura florestal permanece elevada. Essa condição indica que parte significativa da funcionalidade ambiental ainda pode ser mantida ou restaurada mediante ações coordenadas de gestão, planejamento territorial, recuperação ambiental e fortalecimento das políticas públicas voltadas à conservação dos recursos naturais.

A reorganização sustentável pressupõe que a geodiversidade deixe de ser compreendida apenas como suporte físico da paisagem e passe a constituir elemento estratégico para o ordenamento do espaço geográfico. Geologia, relevo, rede hidrográfica, solos e formas de relevo tornam-se referenciais para orientar o zoneamento ambiental, definir áreas prioritárias para conservação, estabelecer critérios para expansão das atividades produtivas e apoiar programas de restauração ecológica.

Dessa forma, o planejamento passa a considerar as potencialidades e limitações naturais de cada compartimento da sub-bacia, reduzindo conflitos de uso e aumentando a eficiência das intervenções.

Outro componente estruturante desse geocenário corresponde à recuperação da conectividade ecológica. Os resultados da análise retrospectiva evidenciaram que a fragmentação da cobertura florestal constitui um dos principais fatores responsáveis pela redução da funcionalidade ambiental da sub-bacia. Assim, a recomposição de corredores ecológicos, a recuperação de Áreas de Preservação Permanente, a proteção das nascentes e a restauração de áreas degradadas passam a desempenhar papel estratégico na reorganização da

paisagem, fortalecendo os fluxos biológicos e hidrológicos entre os diferentes compartimentos.

A conectividade hidrológica também assume função central nesse cenário prospectivo. A adoção de práticas conservacionistas voltadas ao manejo do solo, à proteção das margens dos cursos d'água e ao controle dos processos erosivos tende a reduzir o aporte de sedimentos, melhorar a qualidade da água e aumentar a estabilidade hidrogeomorfológica da sub-bacia. Essas medidas contribuem para fortalecer a resiliência ambiental e ampliar a capacidade adaptativa dos ecossistemas frente às mudanças climáticas e às pressões antrópicas.

Sob a perspectiva socioeconômica, o Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável pressupõe a diversificação das atividades econômicas compatíveis com a conservação da paisagem amazônica.

O fortalecimento da bioeconomia, do turismo de natureza, do geoturismo, do turismo de base comunitária, dos sistemas agroflorestais, do manejo florestal sustentável e dos serviços ecossistêmicos amplia as possibilidades de geração de renda sem intensificar a conversão da cobertura da terra. Essas estratégias reduzem a dependência de atividades de maior impacto ambiental e favorecem uma reorganização do espaço geográfico baseada na valorização do patrimônio natural.

No contexto específico da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, destacam-se o potencial para o turismo de natureza associado às cachoeiras, balneários, trilhas interpretativas e paisagens fluviais, bem como as oportunidades relacionadas ao turismo científico, ao turismo pedagógico e ao geoturismo. A integração dessas atividades com políticas de conservação fortalece a relação entre desenvolvimento local e proteção ambiental, contribuindo para consolidar uma economia fundamentada na manutenção da funcionalidade da paisagem.

A governança ambiental constitui o principal elemento diferenciador desse geocenário. A integração entre poder público, comunidades locais, instituições de pesquisa, setor produtivo e organizações da sociedade civil amplia a capacidade de planejamento, monitoramento e tomada de decisão. O fortalecimento dos instrumentos de gestão ambiental, associado ao uso de indicadores geográficos e ao monitoramento contínuo da paisagem, favorece intervenções preventivas e reduz a probabilidade de intensificação dos processos de degradação observados na análise retrospectiva.

Sob a perspectiva dos Sistemas Complexos, esse geocenário representa uma reorganização adaptativa positiva. Os mecanismos de retroalimentação deixam de intensificar

processos de degradação e passam a fortalecer a conservação, ampliando a capacidade de auto-organização do sistema ambiental. As interações entre geodiversidade, biodiversidade, conectividade hidrológica, governança e atividades econômicas sustentáveis produzem novos estados de equilíbrio dinâmico, caracterizados por maior resiliência e menor vulnerabilidade ambiental.

Essa configuração demonstra que a reorganização sustentável da paisagem não depende exclusivamente da conservação integral dos recursos naturais, mas da capacidade de integrar produção, conservação e planejamento em uma mesma estratégia de organização do espaço geográfico. Assim, o Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável representa uma trajetória plausível de evolução da sub-bacia, construída a partir das potencialidades identificadas na pesquisa e das possibilidades concretas de fortalecimento da governança ambiental.

Quadro 28: Características do Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável

Componente estruturante	Condição projetada	Resposta esperada
Geodiversidade	Conservação e valorização	Base para o planejamento ambiental
Cobertura florestal	Estabilização e recuperação	Aumento da conectividade ecológica
Uso do espaço geográfico	Ordenamento territorial	Redução dos conflitos de uso
Conectividade hidrológica	Fortalecimento	Maior estabilidade hidrogeomorfológica
Biodiversidade	Recuperação de habitats	Ampliação da resiliência ecológica
Bioeconomia	Expansão planejada	Diversificação econômica sustentável
Turismo de natureza e geoturismo	Consolidação	Valorização do patrimônio natural
Governança ambiental	Fortalecimento institucional	Maior capacidade de gestão integrada
Estado da paisagem	Reorganização sustentável	Sistema complexo mais resiliente

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 29: Matriz de diretrizes estratégicas para o Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável

Eixo estratégico	Ação prioritária	Resultado esperado
Conservação	Proteção de áreas prioritárias e corredores ecológicos	Redução da fragmentação
Recuperação ambiental	Restauração de APPs e nascentes	Melhoria da conectividade hidrológica
Produção sustentável	Sistemas agroflorestais e bioeconomia	Redução da pressão sobre a cobertura florestal
Turismo sustentável	Geoturismo, turismo de natureza e comunitário	Geração de renda compatível com a conservação

Planejamento	Zoneamento ambiental baseado na geodiversidade	Uso mais adequado do espaço geográfico
Governança	Monitoramento integrado e participação social	Fortalecimento da gestão ambiental
Pesquisa	Monitoramento contínuo dos indicadores da paisagem	Aprimoramento da tomada de decisão

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Figura 18: Modelo conceitual do Geocenário Prospectivo de Reorganização Sustentável



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.5.8 Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica da Paisagem

O Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica da Paisagem representa uma trajetória plausível de reorganização do espaço geográfico condicionada à ampliação das pressões antrópicas, à baixa efetividade da governança ambiental, à expansão desordenada das atividades produtivas e à intensificação dos efeitos associados às mudanças climáticas.

Diferentemente do Geocenário de Reorganização Sustentável, essa configuração caracteriza um processo em que os mecanismos de retroalimentação passam a reforçar progressivamente a perda da funcionalidade ambiental, aumentando a vulnerabilidade dos sistemas naturais e reduzindo sua capacidade adaptativa.

Sua construção fundamenta-se nos resultados obtidos na análise retrospectiva, que

demonstraram tendência contínua de redução dos indicadores de condição da paisagem, aumento da fragmentação da cobertura florestal e intensificação das pressões concentradas principalmente nos cursos médio e inferior da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Caso essas tendências sejam potencializadas por processos de ocupação desordenada, ampliação da infraestrutura sem planejamento e redução da capacidade institucional de gestão ambiental, a paisagem poderá evoluir para estados de maior instabilidade funcional.

Nesse contexto, a geodiversidade permanecerá relativamente estável em sua dimensão estrutural, porém sua capacidade de sustentar os processos ecológicos poderá ser progressivamente comprometida pela intensificação das alterações na cobertura da terra e pela degradação dos processos hidrogeomorfológicos.

A ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, a supressão da vegetação ripária e o uso inadequado dos solos tendem a ampliar processos erosivos, aumentar a produção de sedimentos e modificar o regime hidrológico da sub-bacia.

A conectividade ecológica constitui o componente mais sensível nesse cenário. A continuidade da fragmentação da cobertura florestal poderá reduzir significativamente a circulação de organismos, comprometer processos ecológicos essenciais e ampliar o isolamento entre remanescentes vegetacionais.

Como consequência, diminui a capacidade de regeneração natural dos ecossistemas, aumentam os efeitos de borda e intensifica-se a vulnerabilidade da biodiversidade às perturbações ambientais.

Sob a perspectiva hidrológica, a ampliação das áreas antropizadas tende a modificar os padrões de infiltração, escoamento superficial e transporte de sedimentos. A redução da proteção vegetal nas áreas de nascente e nas margens dos cursos d'água favorece a intensificação do assoreamento, altera a qualidade da água e reduz a estabilidade dos ecossistemas aquáticos. Esses efeitos propagam-se ao longo da rede hidrográfica, reforçando a influência da conectividade funcional entre os compartimentos superior, médio e inferior.

Os compartimentos hidrográficos respondem de maneira diferenciada a essa trajetória. O curso superior tende a apresentar redução gradual de sua capacidade de conservação caso novas áreas sejam incorporadas às atividades produtivas. O curso médio poderá intensificar seu papel como principal núcleo de transformação da paisagem, ampliando a fragmentação e a pressão sobre os recursos naturais.

O curso inferior apresenta maior suscetibilidade aos efeitos cumulativos produzidos ao longo da rede hidrográfica, tornando-se o compartimento de maior vulnerabilidade ambiental.

Do ponto de vista socioeconômico, a manutenção de modelos produtivos pouco compatíveis com a capacidade de suporte da paisagem tende a aumentar conflitos de uso, ampliar custos ambientais e reduzir a disponibilidade de serviços ecossistêmicos essenciais para o abastecimento hídrico, a estabilidade dos solos, a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento do turismo de natureza. A ausência de planejamento integrado também poderá comprometer oportunidades relacionadas à bioeconomia e às atividades sustentáveis identificadas como potencialidades da sub-bacia.

Na perspectiva dos Sistemas Complexos, esse geocenário caracteriza-se pela predominância de mecanismos de retroalimentação positiva associados à degradação ambiental. Alterações localizadas passam a desencadear respostas cumulativas de maior magnitude, reduzindo progressivamente a capacidade de auto-organização do sistema e aumentando sua sensibilidade a perturbações externas.

Essa condição não representa necessariamente um colapso ambiental, mas um estado de reorganização marcado por menor resiliência, maior instabilidade funcional e crescente dificuldade de reversão dos processos de degradação.

A análise prospectiva demonstra, portanto, que a intensificação crítica da paisagem constitui uma possibilidade condicionada às decisões tomadas no presente. Sua principal contribuição não consiste em prever um futuro negativo, mas em evidenciar os riscos associados à manutenção de modelos de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte da sub-bacia hidrográfica.

Quadro 30: Características do Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica

Componente estruturante	Condição projetada	Resposta esperada
Geodiversidade	Estrutura preservada, porém, funcionalmente pressionada	Redução da estabilidade dos processos ambientais
Cobertura florestal	Fragmentação crescente	Perda da conectividade ecológica
Uso e cobertura da terra	Expansão desordenada	Ampliação dos conflitos de uso
Conectividade hidrológica	Alteração dos fluxos naturais	Intensificação do assoreamento e da vulnerabilidade hídrica
Biodiversidade	Isolamento de habitats	Redução da resiliência ecológica
Infraestrutura	Expansão sem ordenamento	Novos vetores de degradação
Governança ambiental	Baixa efetividade	Redução da capacidade de resposta institucional
Mudanças climáticas	Maior frequência de eventos extremos	Ampliação da vulnerabilidade ambiental
Estado da paisagem	Reorganização crítica	Sistema complexo com baixa capacidade adaptativa

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Quadro 31: Matriz de resposta dos compartimentos hidrográficos no Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica

Compartimento	Tendência projetada	Nível de vulnerabilidade	Capacidade adaptativa
Curso superior	Aumento gradual das pressões	Baixa a moderada	Alta, porém em redução
Curso médio	Intensificação das transformações	Alta	Moderada
Curso inferior	Ampliação dos efeitos cumulativos	Muito alta	Baixa

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Figura 19: Modelo conceitual do Geocenário Prospectivo de Intensificação Crítica



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

4.5.9 Síntese comparativa dos Geocenários Prospectivos

A comparação entre os três geocenários prospectivos evidencia que o futuro da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva não está predeterminado, mas depende das interações entre geodiversidade, uso e cobertura da terra, conectividade hidrológica, processos ecológicos, atividades socioeconômicas e governança ambiental.

As diferenças entre os cenários não decorrem da alteração dos componentes estruturantes da paisagem, mas das distintas formas de organização e gestão desses componentes ao longo do tempo.

Essa constatação reforça a principal contribuição metodológica desta tese: os

Geocenários da Paisagem constituem uma abordagem integrada que permite interpretar, diagnosticar e projetar a evolução do espaço geográfico por meio da articulação entre evidências empíricas, análise sistêmica e prospectiva ambiental.

Diferentemente de modelos que utilizam cenários apenas como projeções de uso da terra, a proposta desenvolvida nesta pesquisa integra a geodiversidade, a biodiversidade, a dinâmica hidrogeomorfológica, a conectividade funcional e a governança em uma estrutura analítica única, oferecendo um instrumento de apoio ao planejamento ambiental e à gestão integrada de bacias hidrográficas.

4.6 Síntese Integrada dos Geocenários da Paisagem

A construção dos Geocenários da Paisagem permitiu integrar, em uma única estrutura analítica, a evolução espaço-temporal da paisagem, os componentes da geodiversidade, a dinâmica hidrogeomorfológica, as alterações no uso e cobertura da terra, os processos ecológicos, os fatores socioeconômicos e os mecanismos de governança ambiental.

Essa integração possibilitou compreender a sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva como um sistema complexo, cuja organização resulta de interações permanentes entre processos naturais e antrópicos, distribuídos em diferentes escalas espaciais e temporais.

Ao longo deste capítulo demonstrou-se que a paisagem não constitui uma realidade estática, tampouco pode ser interpretada exclusivamente pela descrição de seus elementos físicos ou pelo monitoramento das mudanças na cobertura da terra. A paisagem corresponde a um sistema dinâmico cuja evolução decorre da interação contínua entre estrutura, funcionamento e reorganização, produzindo estados sucessivos que refletem simultaneamente permanências, rupturas, adaptações e novas formas de organização do espaço geográfico.

A reconstrução retrospectiva permitiu identificar que a geodiversidade permaneceu como componente estruturador da paisagem durante todo o período analisado, condicionando a organização do relevo, da rede hidrográfica, dos solos e dos demais elementos físicos do sistema ambiental.

Em contrapartida, o uso e cobertura da terra apresentou elevada dinâmica, constituindo o principal vetor das transformações observadas entre 1985 e 2023. A interação entre esses componentes explica a diferenciação espacial da paisagem e a reorganização progressiva dos compartimentos hidrográficos.

A análise do Geocenário Atual evidenciou que a configuração contemporânea da sub-bacia representa um estado transitório de organização do sistema ambiental, caracterizado

pela coexistência entre áreas de elevada integridade ecológica, setores submetidos à intensificação das pressões antrópicas e compartimentos cuja dinâmica depende diretamente da conectividade hidrológica estabelecida entre montante e jusante.

Essa condição confirma que a paisagem amazônica deve ser interpretada como um sistema adaptativo, capaz de reorganizar continuamente sua estrutura funcional em resposta às perturbações ambientais e às formas de apropriação do espaço geográfico.

Os Geocenários Prospectivos demonstraram que o comportamento futuro da paisagem não é previamente determinado, mas condicionado às decisões relacionadas ao planejamento ambiental, à gestão dos recursos naturais e às estratégias de ocupação do espaço geográfico.

Os três geocenários construídos nesta pesquisa representam trajetórias plausíveis de reorganização da paisagem, elaboradas a partir da continuidade das tendências observadas, da adoção de estratégias sustentáveis ou da intensificação das pressões ambientais. Dessa forma, a prospectiva deixa de assumir caráter meramente preditivo e passa a constituir instrumento de apoio ao planejamento territorial fundamentado em evidências científicas.

Sob a perspectiva metodológica, a pesquisa demonstrou que a integração entre cartografia multitemporal, geoprocessamento, sensoriamento remoto, indicadores ambientais, matrizes analíticas, trabalho de campo e interpretação sistêmica amplia significativamente a capacidade explicativa da análise geográfica.

Os mapas representam a distribuição espacial dos fenômenos; as matrizes sintetizam relações entre variáveis; os indicadores permitem comparar estados sucessivos; e os Geocenários da Paisagem integram essas informações em um modelo analítico capaz de explicar a evolução do sistema ambiental.

Essa articulação constitui uma das principais contribuições metodológicas desta tese, pois supera abordagens fundamentadas exclusivamente na descrição cartográfica ou na modelagem isolada do uso e cobertura da terra. A proposta desenvolvida integra componentes físicos, ecológicos, sociais e institucionais em uma estrutura interpretativa única, permitindo compreender a evolução da paisagem mediante a interação entre geodiversidade, biodiversidade, dinâmica hidrogeomorfológica, conectividade funcional, atividades econômicas e governança ambiental.

Com base nos resultados obtidos, propõe-se uma abordagem conceitual e metodológica original no contexto desta pesquisa, denominada Geocenários da Paisagem, cuja combinação integrada entre Ciência da Paisagem, Geodiversidade, Geoecologia da Paisagem, Sistemas Complexos, análise multitemporal, indicadores ambientais e modelagem

prospectiva não foi identificada na literatura consultada.

Essa proposição amplia o emprego tradicional dos cenários ambientais ao incorporar a dimensão evolutiva da paisagem e ao utilizar a geodiversidade como fundamento estruturador da interpretação dos processos de reorganização do espaço geográfico.

Nesse sentido, Geocenário da Paisagem é definido como uma construção analítica, sistêmica, espacial e multitemporal que representa e interpreta estados sucessivos de organização da paisagem por meio da integração entre geodiversidade, biodiversidade, dinâmica hidrogeomorfológica, uso e cobertura da terra, processos socioeconômicos e governança ambiental, permitindo reconstruir configurações pretéritas, diagnosticar a condição atual e modelar trajetórias futuras plausíveis de reorganização do espaço geográfico.

Essa definição diferencia-se das abordagens tradicionais de cenários ambientais porque não restringe a análise à projeção de mudanças futuras nem à simulação do uso da terra. Os Geocenários da Paisagem integram retrospectiva, diagnóstico e prospectiva em uma única estrutura metodológica, permitindo interpretar simultaneamente a evolução histórica, a configuração contemporânea e as possibilidades futuras de reorganização da paisagem.

Dessa forma, a abordagem proposta amplia o potencial analítico da Geografia Física, da Geoecologia da Paisagem e do planejamento ambiental aplicado a bacias hidrográficas.

A aplicação dessa abordagem na sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva demonstra sua capacidade de apoiar processos de planejamento ambiental, ordenamento do espaço geográfico, definição de áreas prioritárias para conservação, recuperação ambiental, monitoramento da dinâmica da paisagem e avaliação de estratégias de desenvolvimento sustentável. Além disso, sua estrutura metodológica apresenta potencial de adaptação para outras bacias hidrográficas e diferentes contextos geográficos, desde que respeitadas as especificidades ambientais e socioespaciais de cada área de estudo.

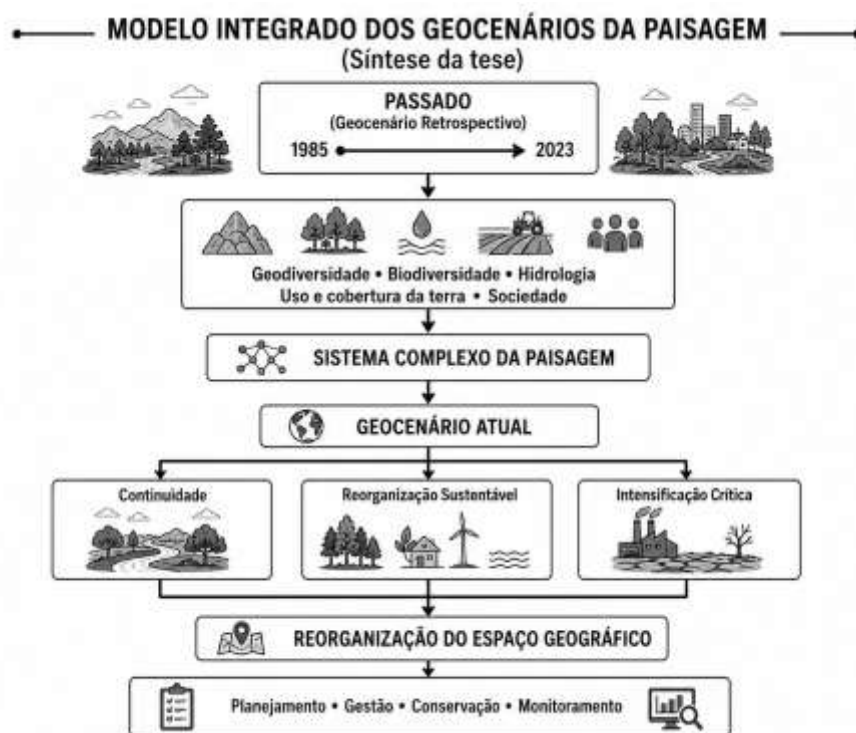
Quadro 32: Estrutura síntese da abordagem dos Geocenários da Paisagem

Dimensão analítica	Objetivo	Base metodológica	Produto
Retrospectiva	Reconstruir a evolução da paisagem	Cartografia multitemporal, matrizes, indicadores e trabalho de campo	Geocenário Retrospectivo
Diagnóstica	Interpretar a configuração contemporânea	Integração sistêmica dos componentes ambientais	Geocenário Atual
Prospectiva	Modelar trajetórias futuras plausíveis	Cenários, fatores motores, governança e análise da complexidade	Geocenários Prospectivos
Integradora	Explicar a reorganização	Integração entre todas as dimensões	Modelo dos

	do espaço geográfico	analíticas	Geocenários da Paisagem
--	----------------------	------------	-------------------------

Fonte: Elaborado por Martins (2026).

Figura 20: Modelo Integrado dos Geocenários da Paisagem



Fonte: Elaborado por Martins (2026).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste capítulo permitiu consolidar os Geocenários da Paisagem como eixo integrador da interpretação da evolução espaço-temporal da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva, articulando os fundamentos da Ciência da Paisagem, da Geoecologia da Paisagem, da Geodiversidade, da Teoria Geral dos Sistemas, do Pensamento Complexo e da modelagem de cenários ambientais em uma estrutura analítica única.

Essa integração possibilitou compreender a paisagem como um sistema complexo, aberto, dinâmico e adaptativo, cuja organização resulta das interações contínuas entre componentes físicos, ecológicos, socioeconômicos e institucionais.

A revisão crítica da literatura evidenciou que as abordagens existentes sobre cenários ambientais se concentram, predominantemente, na simulação de mudanças do uso e cobertura

da terra, em aplicações cartográficas ou em metodologias voltadas ao ensino da Geografia.

Embora essas contribuições sejam relevantes para a análise espacial, observou-se a inexistência de uma estrutura conceitual consolidada que integre, simultaneamente, geodiversidade, biodiversidade, processos hidrogeomorfológicos, conectividade funcional, governança ambiental e princípios dos sistemas complexos aplicados à evolução da paisagem. Essa constatação fundamentou a proposição desenvolvida nesta pesquisa.

Com base na fundamentação teórica e nos resultados empíricos obtidos, propôs-se uma abordagem conceitual e metodológica original no contexto desta pesquisa, cuja combinação entre Ciência da Paisagem, Geodiversidade, Geoecologia da Paisagem, Sistemas Complexos, cartografia multitemporal, indicadores ambientais e modelagem prospectiva não foi identificada na literatura consultada.

Essa proposição não reivindica o ineditismo do termo *Geocenário*, mas apresenta uma nova articulação teórico-metodológica construída a partir da convergência de referenciais científicos consolidados e da análise da sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva.

Nesse contexto, os Geocenários da Paisagem foram definidos como uma categoria analítica e teórico-metodológica destinada à interpretação da evolução espaço-temporal da paisagem e do espaço geográfico, estruturada pela integração sistêmica entre geodiversidade, biodiversidade, processos hidrogeomorfológicos, uso e cobertura da terra, conectividade funcional, fatores socioeconômicos, governança ambiental e relações de complexidade.

Organizados nas dimensões retrospectiva, atual e prospectiva, os Geocenários da Paisagem permitem interpretar permanências, rupturas, transições, vulnerabilidades, resiliência e trajetórias plausíveis de reorganização do espaço geográfico.

A aplicação dessa abordagem à sub-bacia hidrográfica do rio Preto da Eva demonstrou que a evolução da paisagem resulta da interação permanente entre a estrutura físico-natural da geodiversidade e a dinâmica das formas de apropriação do espaço geográfico.

A análise multitemporal evidenciou que a geodiversidade permaneceu como componente estruturador do sistema ambiental, enquanto as mudanças no uso e cobertura da terra constituíram o principal vetor de reorganização funcional da paisagem.

A conectividade hidrológica mostrou-se elemento integrador entre os compartimentos da bacia, explicando a propagação espacial dos processos ambientais e reforçando a necessidade de interpretações sistêmicas.

A compartimentação da sub-bacia em cursos superior, médio e inferior evidenciou comportamentos distintos quanto à intensidade das transformações observadas entre 1985 e

2023. O curso superior apresentou maior estabilidade ambiental e maior capacidade de conservação; o curso médio concentrou as principais alterações decorrentes da expansão das atividades produtivas e da infraestrutura; e o curso inferior revelou maior sensibilidade aos efeitos cumulativos propagados pela conectividade hidrológica.

Esses resultados demonstram que a evolução da paisagem ocorre de forma diferenciada entre os compartimentos, mas integrada pelo funcionamento sistêmico da rede hidrográfica.

A construção dos Geocenários Retrospectivo, Atual e Prospectivos permitiu integrar informações provenientes da cartografia multitemporal, do sensoriamento remoto, do geoprocessamento, das matrizes analíticas, dos indicadores ambientais e do trabalho de campo em um único modelo interpretativo.

Essa integração ampliou a capacidade explicativa da análise geográfica ao relacionar processos históricos, configuração contemporânea e trajetórias futuras plausíveis da paisagem, superando abordagens fundamentadas exclusivamente na descrição cartográfica ou na modelagem isolada das mudanças de uso da terra.

Os cenários prospectivos elaborados demonstraram que a evolução futura da sub-bacia hidrográfica não está previamente determinada, mas depende das interações entre geodiversidade, processos ecológicos, atividades socioeconômicas, conectividade funcional e governança ambiental.

A comparação entre os cenários de continuidade, reorganização sustentável e intensificação crítica evidenciou diferentes possibilidades de reorganização da paisagem, reforçando o potencial dos Geocenários da Paisagem como instrumento de apoio ao planejamento ambiental e à gestão integrada de bacias hidrográficas.

Sob a perspectiva metodológica, este capítulo demonstrou que a articulação entre análise retrospectiva, diagnóstico atual e prospectiva ambiental constitui uma estratégia consistente para interpretar sistemas ambientais complexos.

A integração entre múltiplas escalas temporais, diferentes componentes ambientais e distintas formas de representação espacial fortalece o potencial analítico da Geografia Física e amplia as possibilidades de aplicação dos Geocenários da Paisagem em outras bacias hidrográficas e em diferentes contextos ambientais.

Conclui-se, portanto, que os Geocenários da Paisagem constituem uma categoria analítica capaz de integrar fundamentos da Ciência da Paisagem, da Geodiversidade, da Geoecologia da Paisagem, dos Sistemas Complexos e da prospectiva ambiental em uma

estrutura metodológica coerente, apta a interpretar a evolução da paisagem, subsidiar processos de planejamento e contribuir para o avanço das pesquisas em Geografia Física e planejamento ambiental.

As discussões desenvolvidas neste capítulo fornecem, assim, a base conceitual e metodológica para as Considerações Finais da tese, nas quais serão retomados os objetivos, a hipótese, as contribuições científicas, as limitações da pesquisa e as perspectivas para investigações futuras.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. **Estrada Manaus – Itacoatiara**. Disponível em: <https://profricardoabreu.blogspot.com/2009/08/estrada-manaus-itacoatiara.html>. Acesso em: 23 dez. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Mapa Hidrográfico do Brasil**. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2017. 88 p. ISBN: 978-85-8210-050-9.

ALMEIDA, E. **Rio Preto da Eva: História da cidade**. Blog Elcinei Almeida, 27 abr. 2009. Disponível em: <https://elcinei.blogspot.com/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

AMAZONAS. **Decreto n.º 274, de 05 de setembro de 1965. Dá o nome de "Torquato Tapajós" à Rodovia Manaus-Itacoatiara**. Disponível em: <https://blogdodurango.com.br/diario-oficial/15042/>. Acesso em: 29 mar. 2025.

AMAZONAS. **Lei n. 1, de 12 de abril de 1961. Cria novos municípios no estado do Amazonas e dá outras providências. D.O.E de 13 de abril de 1961**. Disponível em: SciELO Brasil. Acesso em: 4 jul. 2025.

AMAZONAS. **Lei n. 1707 de 01 de novembro de 1985. Estabelece a divisão territorial do estado. (Errata no D. Of. n. 26.196 de 11/03/1987)**. Disponível em: https://sapl.al.am.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/1985/6157/6157_texto_integral.pdf. Acesso em: 28 nov. 2024.

AMAZONAS. **Lei n. 41, de 24 de julho de 1964. Extingue municípios e dispõe sobre o destino de seus bens. D.O.E 25 de julho de 1964**. Disponível em: Legislação::Lei 41/1964 (Estadual - Amazonas). Acesso em: 19 jul. 2024.

AMAZONAS-IDAM. **Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do estado do Amazonas. David Almeida assina ordem de serviço de ramais e anuncia mais de R\$ 31,5 milhões para Rio Preto da Eva**. 2017. Disponível em: <https://www.idam.am.gov.br/david-almeida-assina-ordem-de-servico-de-ramais-e-anuncia->

mais-de-r-315-milhoes-para-rio-preto-da-eva/. Acesso em: 25 nov. 2024.

ARAÚJO, B. G. de; MARTINS NETO, A. V. Geocenários digitais: fundamentos teórico e metodológico para o ensino da paisagem. **Revista Ensino de Geografia**, Recife, v. 4, n. 3, p. 79-100, 2021. DOI: 10.51359/2594-9616.2021.249105.

ATTANASIO, S. L. **Bacias hidrográficas: conceitos e aplicações**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

AYRES, J. M. **As matas de várzea do Mamirauá: Médio Rio Solimões**. 3. ed. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2006. Disponível em: <https://mamiraua.org.br/documentos/991b060471d420eebb124b6b03f47a85.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2025.

BARROS, R. L. Fragmentação Florestal e Rodovias na Amazônia. **Revista de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 60-70, 2021.

BECKER, B. K. A formação de redes complexas com a urbanização amazônica. **Geografia: Revista da Universidade Federal do Pará**, Belém, v. 15, p. 15–30, 1985.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. **A discordância dos tempos**. In: BERTRAND, C.; BERTRAND, G. Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Tradução de Messias Modesto dos Passos. Maringá (PR): Massoni, 2007. p. 315-326.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Ed. Massoni, 2009. p. 29-56; 304-345.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. In: ROSS, Jurandyr L. S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 141-157.

BOHNET, I. C.; SMITH, D. M. Sustainable land use scenario framework: framework and outcomes from peri-urban South-East Queensland, Australia. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 96, n. 2, p. 88-97, 2010.

BORSATO, V. A.; MARTONI, M. M. **Hidrografia**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.

BRANDÃO, J. C. M. **Perdurabilidade da agricultura familiar no projeto de assentamento de Vila Amazônia**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia - PPG/CASA, Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

BRASIL. **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Mapas geológicos e geoambientais da Amazônia Legal**. Brasília: CPRM, 2020.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar. 2005.**

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Base cartográfica contínua do Brasil ao milionésimo. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 jun. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Manual técnico de uso da terra. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. ISBN 978-85-240-4307-9. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha AS.21 Santarém – Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 10).

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama de Rio Preto da Eva. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/rio-preto-da-eva/panorama>. Acesso em: 12 dez. 2020.

BRAUDEL, F. O Mediterrâneo e o mundo mediterrânico. Paris: Armand Colin, 1953.

BRILHA, J. B. R. Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga: Universidade do Minho, 2005. Disponível em: http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/jb_livro.pdf. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRONDÍZIO, E.; NEVES, W. A. Populações caboclas do estuário do Amazonas: a percepção do ambiente natural. In: PAVAN, C. (Org.). **Uma estratégia latino-americana para a Amazônia.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal; São Paulo: Memorial/UNESP, 1996.

BRUNHES, J. Geografia Humana. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1962.

BUARQUE, S. C. Cenários e planejamento estratégico. Recife; Brasília: Ipea; PNUD, 2000. 22 p. (Rede de Pesquisa e Desenvolvimento de Políticas Públicas). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/13856>. Acesso em: 01 mar. 2023.

BUARQUE, S. C. Construção de futuros: uma perspectiva estratégica para a gestão pública. Rio de Janeiro: IPEA, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2865>. Acesso em: 27 mai. 2025.

BUARQUE, S. C. Experiências recentes de elaboração de cenários do Brasil e da Amazônia Brasileira. *Parcerias Estratégicas*, [S.l.], v. 3, n. 5, p. 1–26, 1998. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/50. Acesso em: 01 mar. 2023.

BUARQUE, S. C. Metodologia de construção de cenários para o planejamento estratégico. Brasília: IICA, 2003.

BUARQUE, S. C. Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais. Texto para Discussão n. 939. Brasília: IPEA, fev. 2003, p. 50-67. ISSN 1415-4765.

BUARQUE, S. C. **Território e gestão territorial: subsídios à construção de uma teoria do território**. Brasília: Liber Livro, 2002.

CAMARGO, M. B.; BEGOSSI, A. **Diários de campo em estudos ecológicos: a Ilha dos Búzios**. São Paulo: Hucitec, 2006.

CARCAVILLA, L.; DURÁN, J. J.; LÓPEZ-MARTINEZ, J. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. **Geo-Temas, 10 - VII Congreso Geológico de España, Las Palmas de Gran Canaria, p. 1299-1303, 2008.**

CARVALHO, C. J. B. Morfologia e estruturação do relevo no norte da Amazônia brasileira. **Revista Geonorte**, Sinop, v. 4, n. 1, p. 45–60, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2434>. Acesso em: 9 jul. 2025.

CARVALHO, J. S. **Caracterização hidrogeológica da região Norte da cidade de Manaus, com base em informação geofísica (resistividade elétrica), geológicas e geomorfológicas**. 2012. 157 f. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2012.

CARVALHO, R. C. Aspectos morfoestruturais do relevo na região norte da cidade de Manaus e suas influências na dinâmica do aquífero Alter do Chão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 3, p. 323–330, 2013. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/download/430/341>. Acesso em: 9 jul. 2025.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geografia física: temas básicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/351156984/CHRISTOFOLETTI-Antonio-GEOMORFOLOGIA-FLUVIAL-pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

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

CHUERUBIM, M. L.; PAVANIN, E. V. **Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego Barbosa no ano de 2011**. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 17, n. 1, p. 229–238, 2013. Disponível em: <https://revistas.usp.br/geousp/article/view/74313>. Acesso em: 30 dez. 2024.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Cartografia geológica do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2020.

CORRÊA, R. L. **Região e organização espacial**. São Paulo: Ática, 2003.

CORREIO DA AMAZÔNIA. **Programa "Minha Casa, Minha Vida" entrega 500 unidades no Rio Preto da Eva**. Disponível em: <https://correiodaamazonia.com/programa-minha-casa-minha-vida-entrega-500-unidades-no-rio-preto-da-eva/>. Acesso em: 31 mar.

2025.

COSTA, T. K. de O. **Sistemas integrados na Amazônia brasileira: conectividade ecológica e fragmentação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil. Geodiversidade do estado do Amazonas: Programa Geologia do Brasil - Levantamento da Geodiversidade**. Manaus: CPRM, 2010. p. 73-83.

CUNHA, P. R. C.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 47-55, jan./mar. 1994.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DELGADO, M. B. de C. **As trilhas do espaço-tempo na paisagem das seções fluviais inferior-médio do igarapé do Quarenta: sistema hidrográfico de Educandos**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: <https://ppgeog.ufam.edu.br/dissertacoes/2022/MONIKA.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2025.

DELGADO, R. C. Protocolo de Inventariamento Geográfico (PIGEOG). [S. l.]: [s. n.], 2022.

DELGADO, T. C. **Paisagem e vulnerabilidade ambiental urbana: uma leitura geográfica do igarapé do Quarenta, Manaus-AM**. Manaus: EDUA, 2021.

DURANGO, Blog do. **Decreto n.º 274 de 05 de setembro de 1965: história da Rodovia AM-010 Torquato Tapajós**. 2025. Disponível em: <https://blogdodurango.com.br/diario-oficial/15042/>. Acesso em: 29 mar. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Latossolos amarelos**. Disponível em: Portal Embrapa. Acesso em: 12 jul. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/338590/1/SBSC.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

EMBRAPA. **Dinâmica de nutrientes e sequestro de carbono nos solos amazônicos**. Belém: Embrapa, 2021.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

EMBRAPA. **Solos da Amazônia Ocidental: características e vulnerabilidades**. Belém: Embrapa, 2016.

FALCÃO, M. M. S. **Percepção ambiental sobre o uso dos recursos hídricos no município de Rio Preto da Eva, Amazonas**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus/Itacoatiara, 2022. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8898>. Acesso em: 25 nov. 2024.

FARIA, K. M. S. et al. (Org.). **Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas**. Goiânia: Cegraf UFG, 2021. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/688/o/baciasidrograficas.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

FERNANDES, F. F. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento ambiental**. Viçosa: UFV, 1999.

FERREIRA, M. A.; NASCIMENTO, D. R. Impactos urbanos na qualidade hídrica da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 3, p. 170-180, 2022.

FERREIRA, P. D.; MARTINS, R. da S.; BRANDÃO, J. P. Análise do geocenário da paisagem: interações entre elementos naturais e antropogênicos. In: BEZERRA, C. E. et al. (org.). **Educação ambiental aplicada ao planejamento local**. Fortaleza: Editora In Vivo, 2025. cap. 18, p. 300-319.

FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos**. 2010. 230 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FORTES, A. L. **Bacias hidrográficas urbanas: conceitos e desafios**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2010.

FURLAN, S. A. Paisagem. In: CARLOS, Ana Fani Alessandra; CRUZ, Rita de Cássia Ariza da (orgs.). **A necessidade da Geografia**. São Paulo: Contexto, 2019. p. 227-239.

GARCÍA DE LA VEGA, A. The GeoScenario: a methodological resource from problem-based learning in landscape teaching. In: GARCÍA DE LA VEGA, Alfonso (ed.). **Didactic Strategies and Resources for Innovative Geography Teaching**. Hershey: IGI Global, 2022. p. 51-78.

GENELETTI, D. Environmental assessment of spatial plan policies through land use scenarios. **Environmental Impact Assessment Review**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 1-10, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GODET, M. **Manual de prospectiva estratégica para empresas e territórios**. Tradução de Ronisley Martins. Paris: Dunod, 2000.

GODET, M. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls. **Technological Forecasting and Social Change**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 3-22, 2000.

GODET, Michel; BEFFA, Jean-Louis; SILVA, J. A. Freitas; PERESTRELO, Maria Margarida. **Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à ação**. Tradução de J. A. Freitas e Silva. Lisboa: Dom Quichote, 1993. ISBN: 9789722011198.

GODET, Michel; DURANCE, Philippe. **A prospectiva estratégica: para as empresas e os territórios**. Paris: UNESCO; DURON, 2008.

GOMES, L. de C. et al. Land use and land cover scenarios: an interdisciplinary approach integrating local conditions and the global shared socioeconomic pathways. **Land Use Policy**,

Amsterdam, v. 97, 104723, 2020.

GOMES, M. A. F.; SILVA, R. M.; SANTOS, J. C. P. Avaliação geomorfométrica e uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Aguiar, Paraíba, Brasil: uma abordagem ambiental baseada em SIG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 1605-1621, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357264079>. Acesso em: 30 dez. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS. **Acordo de Pesca do Baixo Rio Preto da Eva – IN SDS nº 01/2015. Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SDS). Manaus, 2015.** Disponível em: https://www.sema.am.gov.br/Conteudo/Normas/IN_Classificacao_01_2015.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/235864115>. Acesso em: 8 jul. 2025.

GRAY, M.; GORDON, J. E.; BROWN, E. J. Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. **Proceedings of the Geologists' Association**, London, v. 124, n. 4, p. 659-673, 2013.

GUERRA, A. J. T. **A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos. Bahia Análise & Dados**, v. 13, n. esp., p. 385-389, 2003. Disponível em: http://biblioteca.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20180507_bahiaanaliseedados_v.13_n.especial2003_p.385_389_.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HARVEY, D. **Condição pós-moderna**. São Paulo: Loyola, 2014.

HORBE, M. A. et al. **Geologia da área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA – AM**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. Anais... Belém: SBG - Núcleo Norte, 2006. CD-ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação da cobertura e do uso da terra: conceitos e definições**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil: 2000-2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IMAZON. **A floresta habitada: história da ocupação humana na Amazônia**. Disponível em: <https://imazon.org.br/a-floresta-habitada-historia-da-ocupacao-humana-na-amazonia/>. Acesso em: 28 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha territorial**

2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA – IPAM. **MapBiomias – Coleção 8 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra no Brasil. São Paulo, 2023.** Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 30 jun. 2025.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Diagnóstico da erosão urbana em regiões vulneráveis.** 2019. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/portal/wp-content/uploads/tainacan-items/13065/50312/14019-19171-1-SM.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Atlas fundiário do Amazonas.** Brasília: INCRA, 2022.

JACOBI, P. R. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa,** São Paulo, v. 118, p. 189–205, 2003.

JUZILENE. **A reforma da Igreja de Cavaco segue a todo vapor. Rio Preto da Eva: Prefeitura Municipal de Rio Preto da Eva, 19 nov. 2020.** Disponível em: <https://riopretodaeva.am.gov.br/a-reforma-da-igreja-de-cavaco-segue-a-todo-vapor/>. Acesso em: 13 nov. 2022.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra.** 1948. Acesso em: 8 jul. 2025.

KOZŁOWSKI, S. Geodiversity – the concept and its application. **Przegląd Geologiczny**, v. 52, n. 8/2, p. 851-856, 2004. Disponível em: https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przegląd/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf. Acesso em: 8 jul. 2025.

KOZŁOWSKI, S. Geodiversity: the concept and its application. **Przegląd Geologiczny**, v. 47, n. 5, p. 415-420, 1999.

KOZŁOWSKI, S. Postępy prac nad ochroną georóżnorodności w Polsce. *Kosmos, Problemy Nauk Biologicznych*, Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, t. 50, n. 1-2 (250-251), p. 151-165, 2001.

KOZŁOWSKI, S. Programme of geodiversity conservation in Poland. **Polish Geological Institute Special Papers**, n. 2, p. 15-18, 1999.

KOZŁOWSKI, S.; MIGASZEWSKI, Z.; GALUSZKA, A. Geodiversity conservation — conserving our geologic heritage. **Polish Geological Institute Special Papers**, n. 13, p. 13–20, 2004.

KRÖNKE, J. et al. Tipping dynamics in ecological networks. **Ecological Modelling**, 2019.

LIMA, C. M. R.; VIEIRA, A. F. S. G. Degradação ambiental no espaço urbano de Rio Preto da Eva – Amazonas – Brasil. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 11, n. 22, p. 144–161, 2023.

LIMA, C. V.; PINTO, F. R. F. Os temas e os conceitos da geodiversidade. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, Anápolis, v. 7, n. 4, p. 223–239, dez. 2018. Disponível em:

<https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/8703/6411>. Acesso em: 2 jul. 2025.

LIMA, M. C. Conectividade ecológica e regeneração florestal na Amazônia. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 20, n. 2, p. 55–60, 2017.

LIMA, M. K. I. R. Escola pré-fabricada e Colônia Agrícola do Rio Preto da Eva – reflexões sobre a modernidade ampliada de Severiano Porto. **Cadernos PROARQ/UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 26, p. 163-179, jul. 2016. Disponível em: <https://cadernos.proarq.fau.ufrj.br/pt/paginas/edicao/26>. Acesso em: 12 nov. 2022.

LINS, J. **Estrada Manaus-Itacoatiara AM-1: aspectos históricos**. Manaus: Governo do Estado do Amazonas, Secretaria de Imprensa e Divulgação, 1965. 20 p.

LISBOA, P. L. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. II. Observações gerais e revisão bibliográfica sobre as campinas amazônicas de areia branca. **Acta Amazonica**, v. 5, n. 3, p. 211-223, 1975.

LOPES, E. R. N. et al. As diferentes paisagens da bacia hidrográfica do rio São Gonçalo, Ceará - Brasil: percepções do olhar geográfico. **Planeta Amazônia**, v. 13, n. 26, p. 27-41, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/planetaamazonia/article/download/241/127/641>. Acesso em: 2 jul. 2025.

MACHADO, L. C. P.; PACHECO, F. A. L. Serviços ecossistêmicos: um conceito para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 95-102, 2010.

MAIA, M. A. D.; MARMOS, J. L. (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010. 275 p.

MANAUS DE ANTIGAMENTE. **Construção AM-010 - Manaus e Itacoatiara**. Disponível em: <https://manausdeantigamente.blogspot.com/2020/05/construcao-am-010-manaus-e-itacoatiara.html>.

MANAUS ONLINE. **Centro Ecumênico Igreja de Cavaco Senador Jefferson Péres em Rio Preto da Eva. Facebook: Página Manaus Online**, 15 abr. 2019. Disponível em: https://www.facebook.com/pg/ManausOnline/photos/?tab=album&album_id=1486670225473617. Acesso em: 13 nov. 2022.

MANCE, E. A. **A revolução das redes: a colaboração solidária como uma alternativa pós-capitalista à globalização atual**. Petrópolis: Vozes, 1999.

MAPBIOMAS. **Coleção 7 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil**. São Paulo: Projeto MapBiomass, 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 2022.

MAPBIOMAS. **Coleção 8 do mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil (1985–2022)**. São Paulo: Projeto MapBiomass, 2024. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 29 jun. 2025.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, C. **Mirantes Pastor Severo Câmara e Igreja de Cavaco**. Instagram: @chicaoproducoesmarques, 8 ago. 2022. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/Cg8g6zFv5g8/>. Acesso em: 13 nov. 2022.

MARQUES, L. R. **Geodiversidade e planejamento ambiental: contribuições da CPIG na análise da paisagem fluvial amazônica**. Manaus: EDUA, 2023.

MARQUES, M. E. **A geodiversidade da faixa de meandro do rio Tarauacá: a paisagem da fisiografia fluvial e a relação com uso e ocupação do solo urbano de Envira-Amazonas**. 2024. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2024.

MARTINHO, J. R. Representação espacial em redes socioambientais. **Revista Geosaberes**, Fortaleza, v. 8, n. 2, p. 101–112, 2011.

MARTINS, R. M. **Interações complexas em trilhas culturais da Amazônia Central**. In: Anais do IV Encontro de Geografia e Cultura, São Paulo, 2018.

MARTINS, R. M.; NASCIMENTO, G. G.; SILVA, V. R. e; GIRÃO, M. C.; SILVA, A. R. S.; ROSA, M. G.; SANTANA, G. S. História das rainhas da laranja. Apresentação de trabalho de conclusão de curso (Monitor Cultural) – Centro de Educação Tecnológica do Amazonas (CETAM). Rio Preto da Eva, 2022.

MARTINS, Thamires Silva; CARMO JUNIOR, Gersina Nobre da Rocha. **Avaliação de impacto ambiental: uma revisão sistemática sob a ótica metodológica**. **E&S Engineering and Science**, v. 7, n. 2, p. 29–41, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES201876616>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6616>. Acesso em: 23 dez. 2025.

MEDEIROS, P. H. A.; PETTA, R. A. **Uso e ocupação do solo e os impactos na qualidade dos recursos hídricos: estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Pitimbu, RN**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009. Anais [...]. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/152/adf71ea4c0a62928a5ce137a8476fbfe_7791f557529bdb928bb2ed99a24df770.pdf. Acesso em: 30 dez. 2024.

MENDONÇA, F. **Dinâmica socioambiental e gestão de bacias hidrográficas**. In: CARVALHO, C. de J. B.; SOUZA, M. L. Planejamento e gestão ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. p. 65–94.

MORIN, E. **Ciência com consciência. Tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. 4. ed. Tradução de Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MORIN, E. **O método I: a natureza da natureza**. Porto Alegre: Sulina, 2003.

MORIN, E.; KERN, A. **B. Terra-pátria**. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 2002.

NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas amazônicas: uma abordagem integrada. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 160–180, 2017.

NEVES, L. C. et al. **Estrutura e dinâmica das paisagens da bacia hidrográfica Arroio Guaçu – Paraná, Brasil**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 13., 2021, Campinas. Anais [...]. Campinas: UNICAMP, 2021. p. 1-15. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO_COMPLETO_EV206_M D1_ID1807_TB846_12092024201309.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

NEVES, M. C.; SILVA, A. L.; GONÇALVES, R. M. A paisagem como categoria de análise na geografia: perspectivas teóricas e metodológicas. **Revista Territorium**, v. 28, n. 2, p. 159–177, 2021. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/territorium/article/view/23704>. Acesso em: 9 jul. 2025.

NOBRE DA SILVA, M. L. et al. Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 11, n. 1, p. 81-94, 2016.

OLIVEIRA MORITZ, Gilberto de; FERNANDES PEREIRA, Maurício. Planejamento de cenários: a evolução do pensamento prospectivo. **Revista de Ciências da Administração**, Florianópolis, v. 7, n. 13, p. 1-20, jan./jul. 2005. ISSN: 1516-3865. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273520147007>. Acesso em: 12 jun. 2024.

OLIVEIRA, J. B. de. **Diagnóstico ambiental urbano da bacia do Educandos: métodos e matrizes geográficas**. Manaus: INPA, 2022.

OLIVEIRA, J. S. **A geodiversidade e a fisionomia da paisagem da bacia de drenagem de Educandos: cursos fluviais do alto e do médio igarapé do Quarenta, no sudeste de Manaus-Amazonas**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

OLIVEIRA, T. K. de; SANTOS, E. C.; COSTA, M. L. Transformações da cobertura vegetal na Amazônia Central: impactos e perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 1, p. 69–78, 2013.

ONU. **Organização das Nações Unidas. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Nações Unidas, 2015.

ORIOU, L. E. et al. Scenario planning for climate adaptation and management: a high-level synthesis and standardization of methodology. **Frontiers in Climate**, Lausanne, v. 6, 2024.

PACHECO, J. B. **Uso e ocupação da terra e a sustentabilidade ambiental da dinâmica fluvial das microbacias hidrográficas Zé Açú e Tracajá na Amazônia Ocidental**. 2013. Tese (Doutorado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PACHÊCO, J. B.; BRANDÃO, J. C. M.; BRANDÃO, C. A. P.; VIEIRA, J. A. Água azul e

água verde e a ocupação das terras em áreas protegidas de sistemas hídricos. **Revista Geográfica de América Central, Costa Rica, II sem., p. 1-12, 2011.**

PORTAL MARCOS SANTOS. **Em Rio Preto da Eva, governador inaugura estrada do Alto Rio e garante potencializar produções agrícolas.** 2017. Disponível em: <https://www.portalmarcossantos.com.br/2017/08/23/em-rio-preto-da-eva-governador-inaugura-estrada-do-alto-rio-e-garante-potencializar-producoes-agricolas/>. Acesso em: 31 mar. 2025.

PRANCE, G. T. A terminologia dos tipos de florestas Amazônicas sujeitos à inundação. **Acta Amazonica**, v. 10, p. 495-504, 1980.

PRANCE, G. T. Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas. **Acta Amazonica**, v. 5, n. 3, p. 207-209, 1975.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO PRETO DA EVA. **Aspectos históricos.** Disponível em: <https://riopretodaeva.am.gov.br/o-municipio/historia/>. Acesso em: 28 mar. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO PRETO DA EVA. **Mapa do perímetro urbano e levantamento populacional.** Rio Preto da Eva: PMRPE, 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO PRETO DA EVA. **Plano de desenvolvimento da sub-bacia do Rio Preto da Eva.** Rio Preto da Eva, 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO PRETO DA EVA. **Ramal Sullivan Portela é inaugurado após obra de pavimentação.** 2023. Disponível em: <https://riopretodaeva.am.gov.br/ramal-sullivan-portela-e-inaugurado-apos-obra-de-pavimentacao/>. Acesso em: 31 mar. 2025.

RECH FILHO, A. **Áreas de preservação permanente: conceitos e legislação.** Curitiba: Editora UFPR, 2011.

RIBEIRO, J. E. L. da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S.; BRITO, J. M. de; SOUZA, M. A. D. de; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. da C.; SILVA, C. F. da; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke – Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central.** 1999. 816 p.

RIO PRETO DA EVA. **Ações no residencial Sebastião Ferreira da Costa.** Disponível em: <https://riopretodaeva.am.gov.br/acoes-no-residencial-sebastiao-ferreira-da-costa/>. Acesso em: 31 mar. 2025.

RIO PRETO DA EVA. Lei Municipal nº 437, de 03 de julho de 2019. Delimita as áreas urbana, suburbana e rural do Município de Rio Preto da Eva. Diário Oficial do Município, 2019.

RIO PRETO DA EVA. Lei Municipal nº 437, de 20 de março de 2019. Delimita os distritos administrativos do município. Diário Oficial dos Municípios do Estado do Amazonas, Rio Preto da Eva, 2019.

RODRIGUES, C. **Bacias hidrográficas: planejamento e gestão**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoeecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305726045>. Acesso em: 2 jul. 2025.

ROSS, J. L. S. **Geografia e as transformações da natureza: relação sociedade-natureza**. In: CONGRESSO, 2009, Buenos Aires. Anais [...]. Buenos Aires: CLACSO, 2009. Acesso em: 12 jul. 2025.

ROSS, J. L. S.; ANTUNES, R. L. S. **Análise integrada da paisagem com a aplicação do sensoriamento remoto, na bacia hidrográfica do rio Botucaraí - Rio Grande do Sul**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SABROZA, P. C.; SOUZA, M. P. **Abordagem sistêmica e análise integrada em geografia: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

SÁNCHEZ, O. **Matrizes como ferramentas de avaliação**. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.escas.org.br/wp-content/uploads/2023/09/MATRIZ-DE-DIAGNOSTICO-COMO-METODOLOGIA-DE-AVALIACAO-DE-RISCOS-E-IMPACTOS-AMBIENTAIS-SOCIAIS-E-ECONOMICOS.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2025.

SANTOS, A. R.; GUERREIRO, G.; GIRÃO, M. **Café regional: o pioneiro no conceito de Café Regional**. Apresentação de trabalho (PPT) – Curso de Monitor Cultural. Centro de Educação Tecnológica do Amazonas – CETAM, Rio Preto da Eva, 2022.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SANTOS, M. **Por uma geografia nova**. São Paulo: EDUSP, 2006.

SCHWARTZ, P. **A arte da visão de longo prazo: planejando o futuro em um mundo de incertezas**. São Paulo: Best Seller, 2000.

SEMACETUR – Secretaria Municipal de Cultura, Esporte e Turismo. **Conheça Rio Preto da Eva: folder turístico 2025**. Rio Preto da Eva: Prefeitura de Rio Preto da Eva, 2025. [Arquivo digital].

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P. **Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación a la planificación territorial**. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n. 45, p. 11-28, 2007. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2519782/2.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SILVA, A. C.; SANTOS, J. R. **Gestão ambiental e o uso do solo em áreas de expansão urbana na Amazônia**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA

APLICADA, 2020, Belém. Anais [...]. p. 40–47.

SILVA, C. L. **Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências**. 2005. 282 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

SILVA, G. M. da. **Geocenários ambientais e paisagem amazônica: fundamentos e práticas metodológicas**. Belém: NAEA/UFPA, 2022.

SILVA, G. M. da. **Geomorfologia aplicada à caracterização da vulnerabilidade à erosão dos solos em Rio Preto da Eva (AM)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8470>. Acesso em: 31 mar. 2025.

SILVA, G. M. da. **Gestão ambiental e conectividade ecológica em bacias hidrográficas amazônicas**. Manaus: EDUA, 2022.

SILVA, G. M. da. **Impactos do uso do solo urbano na bacia hidrográfica do Rio Preto da Eva**. Manaus: UFAM, 2021.

SILVA, G. M. da; VIEIRA, A. F. S. G. Atributos morfométricos do relevo do município de Rio Preto da Eva-AM. In: VIEIRA, Antonio Fábio Sabbá Guimarães; MOLINARI, Deivison Carvalho (org.). **Geografia física da Amazônia**. v. 2. São Paulo: Alexa Cultural; Manaus: EDUA, 2021. p. 53–70. ISBN 978-65-89677-82-6.

SIMAS, F. N. B. **Pedogênese e geoambientes na Serra Verde, parte da Mantiqueira Mineira: atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos**. 2002. 88 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Viçosa, 2002.

SIOLI, H. **Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments**. In: GOLLEY, F. B.; MEDINA, E. Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research. Berlin: Springer, 1975. p. 275-288.

SOARES, L. A. et al. Análise ambiental integrada de uma bacia hidrográfica costeira sujeita a modificações por urbanização: bacia hidrográfica do rio Calhau na Ilha do Maranhão. **Casa de Makunaima**, v. 1, n. 1, p. 140-161, 2020. Disponível em: https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/casa_de_makunaima/article/view/1542/841. Acesso em: 2 jul. 2025.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. Métodos em Questão, São Paulo, n. 16, p. 1-52, 1977.

SOUZA, C. M. et al. **Influência da evolução do uso e ocupação do solo na evapotranspiração em bacias hidrográficas**. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/367392727>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SOUZA, V. H. et al. Pastagens e dinâmica hidrossedimentar em áreas amazônicas. **Geoambiente**, v. 6, n. 2, p. 85–95, 2020.

STERNBERG, H. O'R. Vales tectônicos na planície amazônica. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 511–534, out./dez. 1950. Disponível em: Biblioteca Virtual do Amazonas. Acesso em: 24 ago. 2026.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. Disponível em: http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Geomorfologia%20Fluvial_DEG.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of America Bulletin**, n. 63, p. 923-938, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957.

SUFRAMA; CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Zoneamento ecológico econômico do Distrito Agropecuário da Suframa: textos, mapas & SIG. Tomo IV: Meio socioeconômico - socioeconomia**. Manaus: Suframa, 2005.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1993.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial**. 2. ed. Florianópolis: UFSC/UFPR, 1990.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Geologia e geomorfologia do Quaternário**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

SWYNGEDOUW, E. **Social power and the urbanization of water**. Oxford: Oxford University Press, 2009.

TEIXEIRA, W. G. et al. **As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas; EMBRAPA, 2010.

TEODORO, V. L. I. **Hidrografia e bacias hidrográficas**. São Paulo: Editora da UNESP, 2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROMBETA, L. G. Paisagens, identidades e políticas públicas: o lugar do sujeito no planejamento ambiental. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 46, n. 1, p. 1–25, 2019. Disponível em: <https://revistas.furg.br/bgg/article/view/8802>. Acesso em: 9 jul. 2025.

TROMBETA, L. R. **A paisagem como categoria de análise em bacias hidrográficas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil: mudanças no uso do solo e qualidade da água**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades;

UNESCO, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wYWM8Ws6jCnzYQrVvJx3fzJ/>. Acesso em: 30 dez. 2024.

VASCONCELOS, B. R.; LIMA, M. T. V.; PARANHOS FILHO, A. C. Detecção de mudanças no uso e ocupação do solo no estado do Amazonas baseada nas classificações do Projeto MapBiomass. *GeoFronter*, v. 10, e7773, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61389/geofronter.v10.7773>.

VERBURG, P. H.; VAN DE STEEG, J.; VELDKAMP, A.; WILLEMEN, L. From land cover change to land function dynamics: a major challenge to improve land characterization. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 3, p. 1327-1335, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.08.005>.

VIEIRA, A. F. S. G. **Cenários da Amazônia: planejamento territorial e sustentabilidade**. Belém: NAEA/UFPa, 2020.

VIEIRA, A. F. S. G. et al. **Mudanças no uso da terra e implicações ecológicas na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 2022.

VIEIRA, A. F. S. G.; SILVA, G. M. **Caracterização das voçorocas da área urbana de Rio Preto da Eva**. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Vocoroca-situada-na-Rua-31-de-Marco-Rio-Preto-da-Eva-AM_fig4_368390791. Acesso em: 31 mar. 2025.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

WULF, A. **A invenção da natureza: a vida e as descobertas de Alexander von Humboldt**. São Paulo: Planeta, 2016.

XAVIER, R. L.; MENEZES, D. B.; SILVA, F. L. da. Mapeamento de uso e ocupação do solo utilizando dados do MapBiomass: uma abordagem manual para aumento de precisão aplicada em Meridiano, São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 3, p. 1992-2007, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbfg.v17.3.p1992-2007>. Acesso em: 9 jul. 2025.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamentos e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZENG, J.; WU, J.; CHEN, W. Coupling analysis of land use change with landscape ecological risk in China: a multi-scenario simulation perspective. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 435, art. 140518, 2024.