



DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS ÁREAS ÚMIDAS NA BACIA DO RIO FORMOSO – MINAS GERAIS

Luan Arthur Duval Pereira ¹
Yuri Ribeiro Viu ²
Diego Alves de Oliveira ³
Elizene Veloso Ribeiro ⁴
Antônio Pereira Magalhães Júnior ⁵
Luiz Fernando de Paula Barros ⁶

RESUMO

A bacia do rio Formoso, afluente do Alto São Francisco MG, tem passado por significativas alterações ambientais ao longo das últimas décadas, reflexo da dinâmica do uso e ocupação da terra. Esta dinâmica, marcada por expressiva expansão das atividades agrícolas na região, tem afetado as áreas úmidas (AUs), que são sistemas hidrogeomorfológicos frágeis e relevantes quanto às diversas funções socioambientais e serviços ecossistêmicos. Um dos tipos de sistemas que se configuram como AUs de destaque na bacia são as veredas, marcadas pela exfiltração do nível freático e formação de zonas alagadas. Este trabalho busca apresentar o panorama da dinâmica espaço-temporal das AUs da bacia do rio Formoso entre 1985 e 2021, relacionando-a com a evolução da cobertura e uso da terra. O estudo foi realizado em ambiente SIG, por meio do QGIS e Google Earth Engine, utilizando os dados de cobertura e uso da terra obtidos da plataforma do MapBiomass, referentes à coleção 9 (2024). Uma vez adquiridos os dados em formato geotiff, o arquivo foi reprojetoado em UTM (zona 23S) Segundo os dados obtidos, em 1985 a área relativa às AUs era de 7.488,4 ha, passando para 10.017,19 ha em 1997. Contudo, a área de AUs caiu para 8.293,08 ha em 2008 e 7.628,06 ha em 2021. A introdução de culturas intensivas e irrigadas pode ter contribuído para a variação na cobertura das AUs ao longo do tempo. Os avanços nos conhecimentos sobre o tema podem contribuir para a proteção e a gestão das AUs na região, onde os estudos ainda estão restritos aos aspectos geoquímicos e ambientais das veredas. Há, ainda, uma lacuna na abordagem hidrogeomorfológica e na classificação de outras tipologias de AUs, especialmente no contato entre o Chapadão dos Gerais e a Depressão do São Francisco no contexto local.

Palavras-chave: Hidrogeomorfologia, Geomorfologia fluvial; Alto São Francisco, Áreas Úmidas.

¹ Graduando do Curso de Geografia da UFMG, luanduval@ufmg.br;

² Graduando pelo Curso de Geografia da UFMG, yuriviu@gmail.com;

³ Prof. do IFMG - Ouro Preto, diego.oliveira@ifmg.edu.br;

⁴ Prof. do IFMG - Ouro Preto, elizene.ribeiro@ifmg.edu.br;

⁵ Prof. do Departamento de Geografia da UFMG, antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com

⁶ Prof. do Departamento de Geografia da UFMG, luizfpaulabarros@gmail.com

INTRODUÇÃO

O trabalho visa analisar a dinâmica espaço-temporal das áreas úmidas (AUs) na bacia do rio Formoso, afluente do Alto São Francisco. As AUs têm a sua importância ambiental reconhecida em diversos trabalhos, envolvendo funções e serviços hidrogeomorfológicos (SEMENIUK; SEMENIUK, 2011; BROOKS et al., 2013; OLLIS et al., 2013; GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018, 2020), ecológicos e biológicos (MITSCH; GOSELINK, 2007; LARSON, 2009; CUNHA et al., 2015; JUNK; CUNHA, 2024).

No Brasil, pesquisas sobre AUs são mais frequentes nos extensos sistemas do Pantanal e da Amazônia (JUNK; CUNHA, 2024), com poucos trabalhos nas zonas planálticas e montanhosas. A bacia do rio Formoso, afluente do rio São Francisco no município de Buritizeiro - MG e possui área de 826 km². A bacia ilustra os contextos dos sistemas de AUs no Planalto Central brasileiro, onde predomina o bioma do Cerrado e o clima tropical fortemente sazonal. As AUs são abundantes, principalmente sob a forma de brejos e veredas, mas têm sido fortemente pressionadas e impactadas nas últimas décadas pelas atividades agrícolas e urbanas.

Neste contexto, este trabalho visa analisar a dinâmica espaço-temporal das áreas úmidas na bacia do rio Formoso, entre 1985 e 2021, considerando as suas relações com a dinâmica do uso e ocupação da terra.

A BACIA DO RIO FORMOSO

A bacia do rio Formoso situa-se na região noroeste de Minas Gerais. A bacia insere-se no domínio do clima tropical úmido a subúmido, com estações secas e úmidas bem definidas, o que torna necessária a irrigação para manter o volume hídrico exigido na agricultura (Gama, Paula e Limal, 2003). A captação de água para irrigação ocorre no rio Formoso, incluindo barramentos, causando pressões na redução das vazões. A bacia abrange três unidades geomorfológicas: Superfícies Tabulares, inseridas no Chapadão dos Gerais e delimitadas por vertentes íngremes e escarpamentos erosivos; Unidades de Colinas e Planícies Aluviais (Viana, 2006) – Figura 1. As declividades na bacia são, em geral, suaves a moderadas (0 - 8%).

Em termos geológicos, a área de estudo abrange os arenitos da Formação Três Marias, do Grupo Bambuí (CODEMIG/UFMG, 2013). Predominam gleissolos nas áreas inundáveis ou alagadas, e cambissolos, neossolos e, principalmente, latossolos nas áreas mais elevadas (EMBRAPA, 2021). Os latossolos são utilizados, comumente, para usos agrícolas. O uso e a ocupação da terra na bacia se resumem basicamente à agropecuária e à produção florestal, sendo mais intensas nas zonas de topografia suave (Viana, 2006; SABRAE, 2022). A agricultura comercial é baseada em cultivos de feijão, milho, soja e café. Buritizeiro, com 23.910 habitantes

(IBGE, 2020), apresenta grande extensão territorial (7.128,408 km²) e riqueza hídrica, tendo sido palco da expansão da agricultura comercial nas últimas décadas. Por outro lado, desmatamentos em áreas íngremes de cabeceiras e veredas representam um forte eixo de pressões ambientais e degradação dos solos.

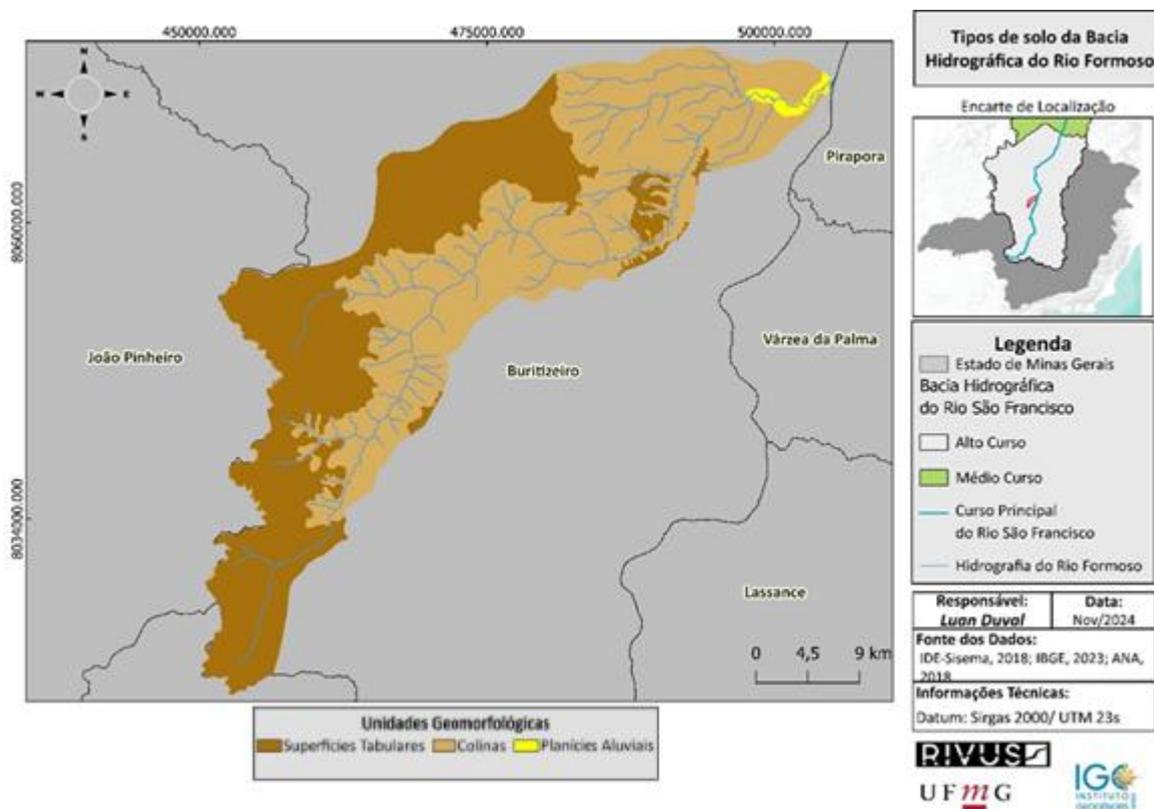


Figura 1: Compartimentos de relevo na bacia do Rio Formoso. Fonte: Autores, 2024.

TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS

As informações do quadro físico e socioeconômico foram obtidas nas bases do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2020, bem como da Agência Nacional das Águas (ANA), do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Em relação à produção de materiais cartográficos, os sites do IDE-SISEMA e do IBGE foram os principais veículos de obtenção de camadas vetoriais que possibilitaram a confecção dos produtos de espacialização do quadro físico da bacia.

No que diz respeito ao uso do solo, foi utilizado o MapBiomas, Coleção 09, que disponibiliza os dados em camadas raster com resolução de 30 m x 30 m. Foi possível, por meio do Google Earth Engine, utilizando o toolkit fornecido pelo MapBiomas, realizar o recorte dos dados pelo shapefile com a delimitação da bacia do rio Formoso.

Sendo assim, foram adquiridos os dados em formato *geotiff* (formato de arquivo de

imagem digital que armazena gráficos raster e informações de imagem).

O tratamento das informações foi realizado no *software* QGIS,. A escala selecionada para a formulação dos mapas foi 1:340.500, buscando o maior detalhamento possível sem perder a visualização de informações relevantes. A projeção escolhida foi SIRGAS 2000 UTM 23s, sendo uma projeção plana, ou seja, com as medidas em metros.

Seguindo os códigos de legenda fornecidos pelo MapBiomas, as áreas úmidas foram classificadas na classe 2.1, sendo definida como campo alagado e área pantanosa. Esta classe é observável por meio do código hexadecimal: #d6bc74, o qual define uma cor para cada classe. Desta forma, veredas, brejos e meandros abandonados são agrupados numa mesma classe, o que levanta possibilidades de pesquisas futuras para o refinamento da metodologia.

A escolha do horizonte temporal, foi definido com o objetivo de abranger diversos contextos políticos, econômicos e sociais ao longo do tempo e como estes fatores afetaram a presença das AU's na área de estudo.

As AUs foram observadas via imagem Landsat 8, conforme exemplos na Figura 2.



Figura 2: Exemplos de áreas úmidas identificadas em imagem Landsat, 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a evolução da área das AUs na bacia em hectares e a Figura 4 ilustra exemplos de AUs locais.

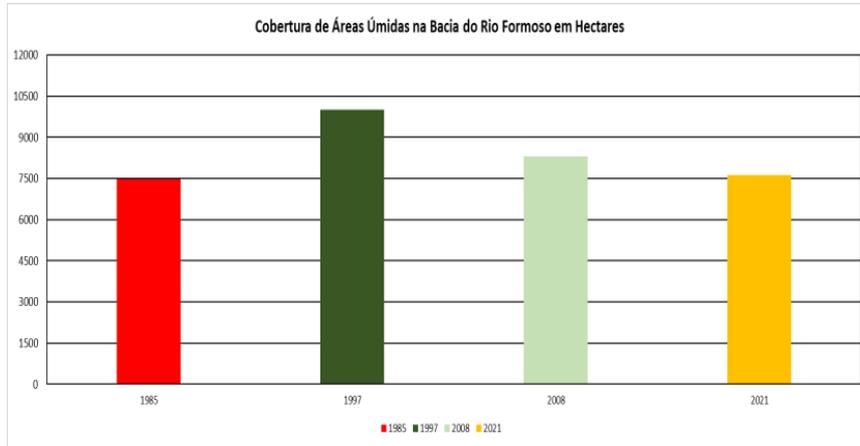


Figura 3: Cobertura de Áreas Úmidas na bacia do Rio Formoso. Fonte: Autores, 2025



Figura 4: Exemplos de áreas úmidas em veredas na bacia do rio Formoso. Autoria: Elizêne Ribeiro

A notável baixa presença das AUs em 1985 pode ter relação com a baixa resolução dos satélites disponíveis na época. A região oeste do médio curso do rio Formoso apresenta um vazio de informações em 1985, comparado com o ano de 1997.

A Figura 5 apresenta a evolução do uso e ocupação da terra na bacia, e a figura 6 mostra o panorama nos anos de 1985, 1997, 2008 e 2021, respectivamente. De 1985 para 1997 se observa como a pastagem avançou nas adjacências de AUs do baixo curso. Em 1985, a área apresentava uma considerável presença de formações florestais, que foram substituídas por pastagens em 1997. As pastagens pode transformar o ciclo hidrológico local que mantém a existência das AUs, particularmente os processos de infiltração, recarga de aquíferos e escoamento superficial. Neste sentido, pastagens degradadas ou sem manejo adequado nas encostas podem trazer um aumento no fornecimento de carga sedimentar para os fundos de vales, ameaçando as AUs de assoreamento. De acordo com Fonseca, Mendonça e Santos



(2013), entre as décadas de 1970 e 1990 houve uma crescente exploração do patrimônio ambiental na bacia, sem a criação de um aparato legal protetivo. Somente em 1990, com a Lei Orgânica do Município, houve a obrigatoriedade de criação de um Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente (CODEMA) em Buritizeiro. Neste contexto, os dados mostram um decréscimo na área ocupada pelas AUs em prol do avanço da agricultura comercial em Buritizeiro a partir dos anos 1997. A expansão da agricultura se beneficiou de terras a baixo custo, fatores do quadro físico favoráveis, como abundância hídrica e declividades suaves, bem como boas rotas de escoamento com a BR-365 ou o próprio rio São Francisco (GAMA, PAULA e LIMA, 2003).

As empresas agroindustriais adotaram maquinários e implementaram culturas de feijão, milho, soja e café. Em 2003 a soja apresentava uma produtividade de 35 sacas por hectare e o café 30 (Secretaria de Agricultura e Agronegócios de Buritizeiro, 2003). O mapeamento do MapBiomas mostra o avanço dos cultivos de café, apresentando coberturas de 1,53, 14,41, 490 e 1.343 ha em 1985, 1997, 2008 e 2021, respectivamente (+ 87% entre 1985 e 2021) – Figura 5. A partir de 2008, a presença do café se torna mais visível a leste do médio curso, sendo utilizada a irrigação por pivôs centrais, reconhecida pela ineficiência e elevadas perdas de água por evaporação.

A soja aparece nas imagens a partir de 2008 (Figura 6). A sua pequena extensão pode ter ocasionado a sua inserção como lavouras temporárias em mapeamentos anteriores. Nos anos 2008 e 2021, a soja e o café, somados, apresentaram cobertura de 6.852,11 e 11.829,63 ha, respectivamente (+ 58% entre 2008 e 2021). Nota-se o avanço da soja a sul do alto curso, a qual vem associada à expansão da irrigação por pivô central.

Cabe ressaltar, que os usos agrícolas exigem a correção química dos latossolos. Portanto, constituintes químicos podem poluir e contaminar AUs a partir do seu carreamento por águas pluviais ou de irrigação. Segundo Baggio (2013), o Cádmiio e Cromo ultrapassaram os valores definidos pela resolução CONAMA 344/2004 no rio Formoso.

Segundo a CETESB (2022), estudos mostram que *“a contaminação da água de irrigação de plantações de arroz por cádmio, oriundo de efluentes de uma mineração instalada às margens do rio Jinzu (Japão), causou uma doença caracterizada por extrema dor, dano renal e fragilidade óssea”*. Ainda sobre pesquisas realizadas pelas CETESB (2013), *“a ingestão acidental de altas doses de compostos de crômio (VI) pode causar falência renal aguda caracterizada por perda de proteínas e sangue na urina”*.

O avanço das atividades agrícolas foi acompanhado pela tendência de redução da área das AUs ao longo dos anos: 7.488,4 (1985), 10.017,19 (1997), 8.293,08 (2008) e 7.628,06 ha

(2021). A área de AUs em 2021 se aproximou da área em 1985, mostrando um retrocesso mesmo com os avanços da legislação ambiental. A redução de AUs, incluindo a categoria das veredas, ocorreu paralelamente à degradação do cerrado, sofrendo queda de 47,22% de área entre 1985 e 2021. A substituição do cerrado por agricultura comercial implica, comumente, na degradação ou supressão das veredas. A silvicultura (ou plantação florestal) atingiu a mesma área de cobertura de solo que o cerrado em 2021.

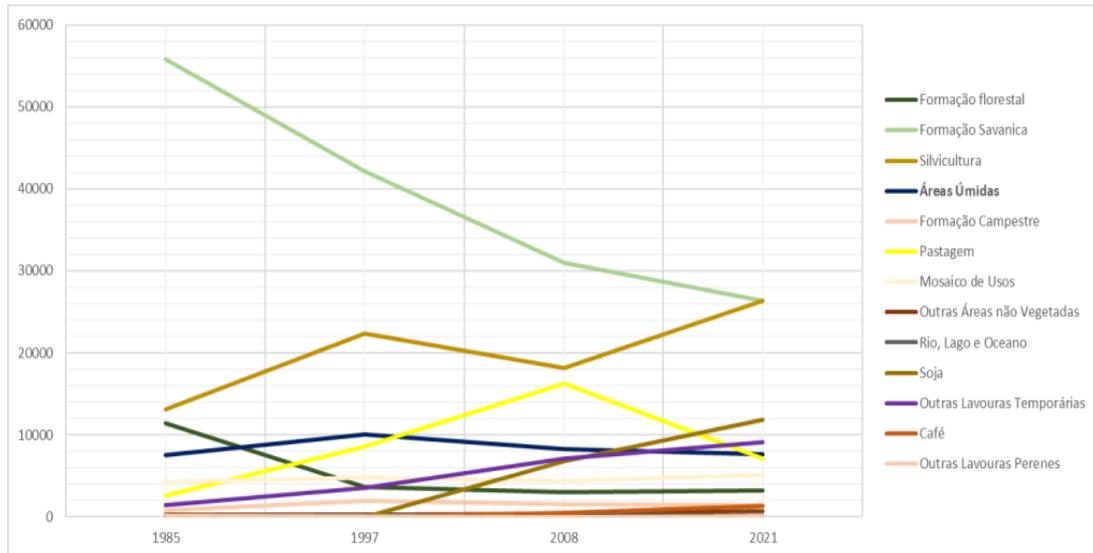


Figura 5: Evolução das Classes de Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Formoso.

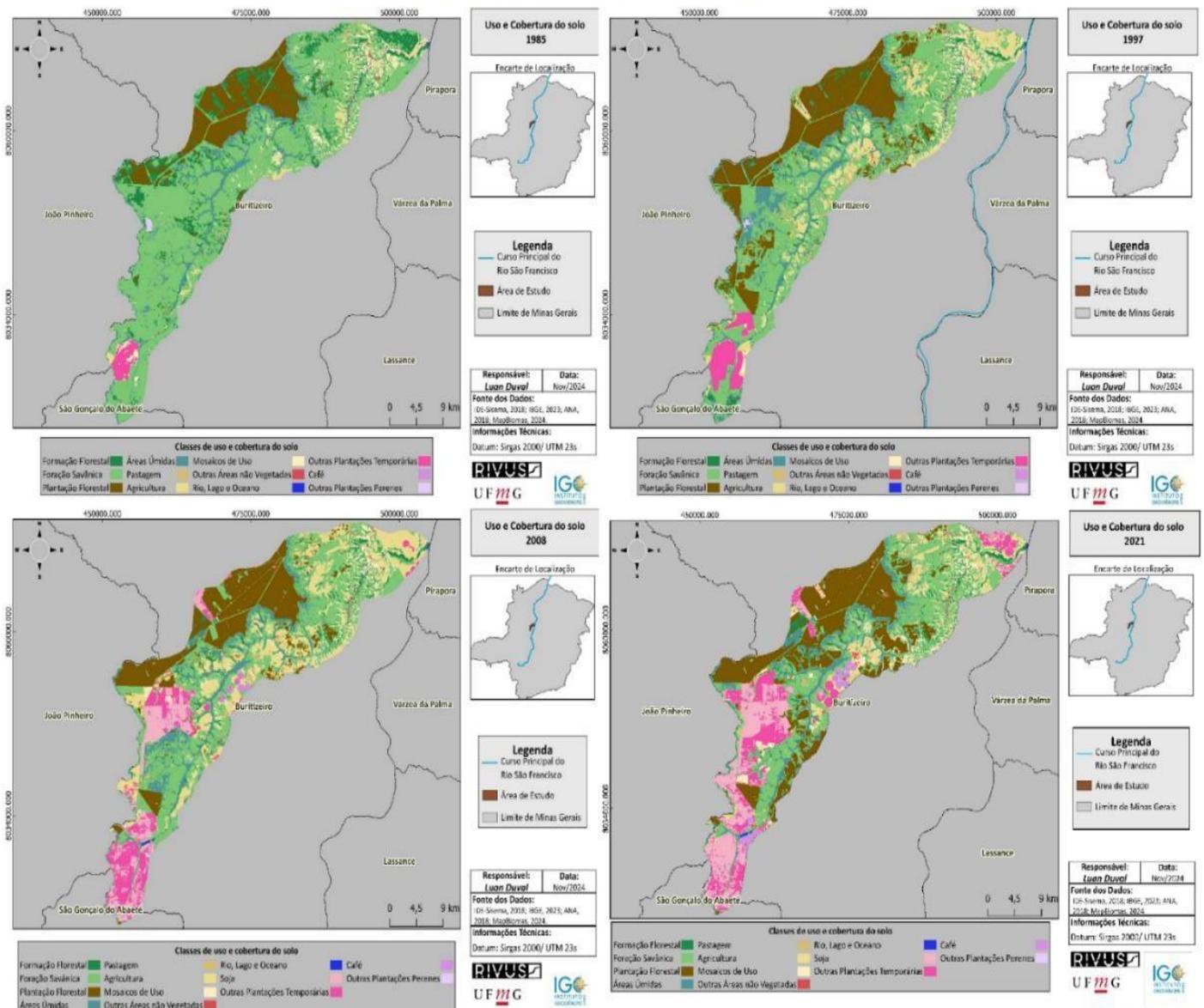


Figura 6: Uso e Cobertura do Solo ao decorrer do tempo. Fonte: MapBiomas 2024

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão da agricultura comercial na bacia do rio Formoso ocorreu intensamente em paralelo com a redução de AUs, particularmente veredas. Paradoxalmente, a agricultura e demais atividades econômicas na bacia dependem de disponibilidade hídrica provida pelas AUs. Desta forma, a relação entre a dinâmica de evolução das AUs e dos usos e ocupação da terra entre 1985 e 2021 auxilia a compatibilização entre processos de planejamento territorial e proteção ambiental. As pesquisas continuam em andamento para novas etapas de compreensão dessas relações.



AGRADECIMENTOS:

Ao CNPq pela bolsa PQ e bolsas PIBIC; à FAPEMIG pelas bolsas PROBIC e auxílio financeiro no âmbito do Projeto APQ-00770-24 e do processo PCE-001140-25; aos grupos de pesquisa RIVUS e PIAU.

REFERÊNCIAS

- BAGGIO, H.; HORN, A.** Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em sedimento de corrente no Rio do Formoso, município de Buritizeiro – MG. *Revista OKARA: Geografia em debate*, João Pessoa, PB, v. 7, n. 2, p. 277-291, 2013. ISSN 1982-3878.
- BROOKS, J.; WAYLEN, K. A.; BORGERHOFF M. M.** Assessing community-based conservation projects: a systematic review and multilevel analysis of attitudinal, behavioral, ecological, and economic outcomes. *Environmental Evidence*, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 1–10, 2013. DOI: 10.1186/2047-2382-2-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/2047-2382-2-2>. Acesso em: 5 maio 2025.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).** Cádmiio e seus compostos. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Cadmio.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo).** Crómio e seus compostos. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Cromio.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J.** *Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats*. Cuiabá: EdUFMT, 2015.
- CUNHA, C. N.; CORREA, S. B.; ARAUJO, J. K.; PENHA, J. M. F.; STEVENSON, P. R.; ANDERSON, J. T.** *Overfishing disrupts an ancient mutualism between frugivorous fishes and plants in Neotropical wetlands*. *Biological Conservation*, v. 191, p. 159-167, nov. 2015. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.06.019.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).** Solos. *Agência de Informação Tecnológica*, [s.l.], [2021]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- GAMA, M. G. C. C.** *Implantação da agricultura comercial no município de Buritizeiro, Cerrado Mineiro: o uso capitalista dos recursos naturais*. 2003. 12 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.
- GOMES, L. C.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.** Classes hidrogeomorfológicas de áreas úmidas em ambientes tropicais: uma proposta metodológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 3, p. 715–728, 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i3.1794. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1794>. Acesso em: 5 maio 2025.
- GOMES, C. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.** Classes hidrogeomorfológicas de áreas úmidas em Minas Gerais. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 21(2). <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1794>



IBGE. *Buritizeiro - Panorama.* IBGE Cidades, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/buritizeiro/panorama>. Acesso em: 19 dez. 2024.

ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Biodiversidade. *Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade*, [s.l.], [2008]. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cbc/conservacao-da-biodiversidade/biodiversidade.html>. Acesso em: 12 abr. 2025.

JUNK, W. J.; CUNHA, C. N. Riparian wetlands of low-order streams in Brazil: extent, hydrology, vegetation cover, interactions with streams and uplands, and threats. *Wetlands Ecology and Management*, 2024.

LARSON, J. S.; LARSON, D. L. (Ed.). *The Wetlands Handbook*. 1. ed. Oxford: Wiley- Blackwell, 2009.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. *Wetlands*. 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007.

OLLIS, D. J.; SNADDON, K.; JOB, N.; MBONA, N. A proposed classification system for inland wetlands in South Africa. *Water SA*, v. 39, n. 1, p. 121–134, 2013.

ROMANO, Antônio Wilson; KNAUER, Luiz Guilherme; COSTA, Ricardo Diniz da; OLIVEIRA, Débora Vasconcelos de; BARROSO, Mariana Franco; SERRANO, Paula Mendes. *Mapa geológico da Folha Pirapora - SE.23-X-C-I, escala 1:100.000*. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, 2013.

SEMENIUK, C. A.; SEMENIUK, V. A comprehensive classification of inland wetlands of Western Australia using the geomorphic-hydrologic approach. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, Perth, v. 94, n. 3, p. 449-464, 2011.

VIANA, V. M. F. C. *Estudo hidrogeoquímico das veredas do Rio do Formoso no município de Buritizeiro, Minas Gerais*. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, UFMG, Belo Horizonte, 2006.