

USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO NOS ANOS 1985 E 2021

Mariana Santos Freitas

Universidade de São Paulo - USP
Departamento de Geografia Física, São Paulo, SP, Brasil
freitasms@usp.br

Gabriel Pereira

Universidade Federal de São João del rei - UFSJ
Departamento de Geociências, São João del rei, MG, Brasil
pereira@ufsj.edu.br

João Batista Ferreira Neto

Universidade de São Paulo – USP
Departamento de Geografia Física, São Paulo, SP, Brasil
joao.geo@usp.br

Ana Vitória Vilela Calmon

Universidade Federal de São João del Rei - UFSJ
Departamento de Geociências, São João del Rei, MG, Brasil
anavitoriavcalmon@aluno.ufsj.edu.br

Paulo Ricardo Rufino

Universidade de São Paulo – USP
Departamento de Geografia Física, São Paulo, SP, Brasil
paulorufino@usp.br

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio São Francisco é essencial para o Brasil, possuindo diversas características físicas, sociais, ambientais e econômicas que variam por região. Este artigo apresenta as mudanças no uso e na cobertura da terra na bacia hidrográfica para os anos 1985 e 2021, utilizando dados do Projeto MapBiomass, compilados, por meio do Google Earth Engine (GEE) e processados com o software QGIS. As atividades, ao longo da bacia, geram impactos significativos, o que torna crucial o estudo do uso e da cobertura da terra para compreender as dinâmicas naturais e antrópicas. Os resultados mostram uma tendência geral de redução das áreas florestais e formações não florestais, enquanto áreas dedicadas à agropecuária e regiões não vegetadas aumentaram. A urbanização e o desenvolvimento de áreas industriais contribuem para a fragmentação dos habitats e para a poluição. Estratégias de planejamento urbano sustentável, como a incorporação de áreas verdes e a adoção de práticas de construção ecológicas, são necessárias para mitigar os impactos da expansão urbana e preservar a integridade ecológica da bacia. As contribuições e avanços da geotecnologia para este estudo são inegáveis, demonstrando a viabilidade de realizar análises em grandes áreas otimizando o tempo para realizar tais estudos.

Palavras-chave: Degradação Ambiental. Sustentabilidade Hídrica. Ações Antrópicas.

LAND USE AND LAND COVER IN THE SÃO FRANCISCO RIVER BASIN IN 1985 AND 2021

ABSTRACT

The Basin of São Francisco River is essential for Brazil, possessing many physical, social, environmental, and economic characteristics that vary depending on the region. This article presents changes in land use and land cover in the basin for the years 1985 and 2021, using data from the MapBiomass Project, compiled through Google Earth Engine (GEE) and processed with QGIS software. Activities within the basin generate significant impacts, making the study of land use and land cover crucial to understanding both natural and anthropogenic dynamics. The results show an overall reduction trend in forested areas and non-forest formations. In contrast, areas devoted to agriculture and livestock farming as non-vegetated regions, have increased. Urbanization and the development of industrial areas contribute to habitat fragmentation and pollution. Sustainable urban planning strategies, such as the incorporation of green spaces and the adoption of ecological building practices, are necessary

to mitigate the impacts of urban expansion and preserve the ecological integrity of the basin. The contributions and advancements of geotechnology to this study are undeniable, demonstrating the feasibility of conducting analyses over large areas while optimizing time for such studies.

Keywords: Environmental Degradation. Water Sustainability. Anthropogenic Actions.

INTRODUÇÃO

A análise do uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas é essencial para compreender as dinâmicas socioespaciais e ambientais, sendo uma ferramenta valiosa na tomada de decisões sobre os recursos naturais e seus múltiplos usos. Estudos nessa área são cruciais, para a gestão dos recursos hídricos, identificação de áreas de risco, conservação da biodiversidade e planejamento do uso do solo. Ao fornecer informações sobre os impactos das atividades humanas nos recursos naturais e ecossistemas, essas análises auxiliam na proteção ambiental e no desenvolvimento sustentável das regiões envolvidas. No Brasil, a análise das mudanças no uso e cobertura da terra é um desafio devido à vastidão do território, à diversidade dos biomas e às especificidades regionais dos diferentes tipos de uso e manejo da terra (Quintão *et al.*, 2020).

O Geoprocessamento, por meio de dados geoespaciais, é uma ferramenta poderosa para compreender, analisar e gerir essa complexidade (Câmara; Davis; Monteiro; 2001). Com o avanço das tecnologias, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e a disponibilidade gratuita de dados de sensores remotos, imagens de satélite e bases de dados cartográficos, em sites como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e da Agência Nacional de Águas, os pesquisadores contam com uma série de facilidades que contrastam com o passado, quando tarefas como a delimitação de bacias e o mapeamento de rios eram exaustivas. Essas novas ferramentas permitem economizar tempo, possibilitando maior foco em outras etapas das investigações (Coelho, 2007). O Sensoriamento Remoto facilita o processamento e armazenamento rápido de dados, sendo fundamental para análises sociais e ambientais. Com o surgimento de plataformas, baseadas em nuvem e softwares livres que permitem a realização de pesquisas metodológicas acessíveis, o estudo de grandes áreas como bacias hidrográficas de grande porte tornou-se mais viável, graças à capacidade dessas plataformas de suportar e processar grandes quantidades de dados. As aplicações das geotecnologias nos estudos de Uso e Cobertura da Terra no Brasil são variadas, por exemplo. Martins e Souza Filho (2006) exploraram o sensoriamento remoto, para monitorar a Amazônia, visando à conservação da floresta, à identificação de zonas úmidas, à vigilância costeira e à exploração mineral. Pereira, Castro e Porcionato (2018) avaliaram o uso e cobertura da terra, na bacia do córrego Dornelas, em Minas Gerais, utilizando uma metodologia simplificada com Google Earth Pro (GEE) e QGIS, discutindo as potencialidades e limitações das geotecnologias gratuitas. O livro "Geotecnologias Aplicadas a Estudos Ambientais" (Francisco *et al.*, 2018) reúne diversos artigos que demonstram o uso dessas tecnologias, na análise de recursos naturais, como solo, água, cobertura vegetal, sistemas de produção e dinâmica demográfica em áreas urbanas e rurais.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco, com sua extensão de 2.700 km e abrangendo seis estados e o Distrito Federal, possui uma área de drenagem de aproximadamente 637.758 km². A nascente do rio localiza-se na Serra da Canastra, em Minas Gerais e sua foz entre Alagoas e Sergipe. Por sua vasta dimensão, as características físicas, socioambientais e econômicas da bacia variam conforme a região. Este artigo, resultante de uma dissertação de mestrado, tem como objetivo geral realizar o levantamento de dados sobre o uso e a cobertura da terra na bacia do rio São Francisco, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com o suporte de softwares livres, processamento em nuvem e linguagens de programação, ressaltando a importância de preservar os recursos naturais da bacia, assim como a sua biodiversidade, visando manter o equilíbrio ecológico e melhorar a qualidade de vida das comunidades que dependem desses recursos.

A análise das mudanças no uso e cobertura da terra, ao longo de várias décadas, na bacia hidrográfica do rio São Francisco, oferece subsídios essenciais para a gestão integrada de seus recursos naturais. A abordagem temporal facilita a elaboração de planos de manejo que incentivam práticas sustentáveis de uso da terra, promovendo a resiliência ambiental e melhorando a qualidade de vida das comunidades locais. Assim, o estudo se configura como uma ferramenta crucial, para a articulação

entre o desenvolvimento econômico e a conservação dos ecossistemas, garantindo a sustentabilidade dos recursos naturais e o bem-estar das populações que deles dependem.

Uso e cobertura da terra

Os conceitos de uso da terra e cobertura da terra são bastante semelhantes, o que pode causar confusão em suas aplicações. A cobertura refere-se aos tipos de cobertura naturais ou artificiais presentes na superfície terrestre, enquanto o uso da terra envolve as diferentes formas de manejo aplicadas, como agricultura e pecuária, ou seja, as atividades humanas realizadas na área (Casimiro, 2007; Araújo Filho; Meneses; Sano, 2007). As intervenções humanas na cobertura e uso da terra têm sido consideradas como formas significativas de mudança global (Turner, *et al.*, 1990). Tais modificações podem ter impactos físicos que se estendem globalmente, como mudanças climáticas, intensificação do efeito estufa e destruição da camada de ozônio, além de impactos regionais, como degradação do solo, poluição hídrica, perda de biodiversidade, fragmentação da vegetação natural e perda de habitats, impactos esses que podem ser irreversíveis por sua magnitude. Nesse contexto, os levantamentos de Uso e Cobertura da Terra fornecem dados essenciais, para análises e avaliações dos impactos ambientais resultantes de desmatamento, perda de biodiversidade, mudanças climáticas, recorrência de doenças, entre outros problemas decorrentes da urbanização desordenada e das transformações rurais (IBGE, 2013).

Desde o período da colonização até o século XIX, era comum no Brasil a existência de terras de uso comum, especialmente entre populações rurais sem-terra, que as utilizavam para pequenos criatórios, extração de lenha, madeira e outros produtos, suprimindo suas necessidades básicas. A Lei nº 601, de 18 de setembro de 1850, conhecida como a Lei de Terras, buscou regulamentar a questão fundiária no Brasil Império, embora sua aplicação não tenha sido tão efetiva e justa. Silva (2015, p. 89) observa que uma das razões para a ineficácia da lei é que ela foi elaborada e implementada por um grupo específico de pessoas diretamente envolvidas com a questão da terra, como fazendeiros, sesmeiros e posseiros, que tradicionalmente possuíam grandes propriedades. Além disso, o objetivo da lei era regularizar a propriedade fundiária, dificultando o acesso fácil à terra e garantindo a mão de obra necessária para o funcionamento das fazendas, após o fim do tráfico negreiro, especialmente na cafeicultura.

A partir do século XX, a evolução das formas de uso da terra no Brasil passou a ser mais bem delineada, com a contribuição de instituições como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As linhas de pensamento geográfico no Brasil se consolidaram, a partir da criação do IBGE em 1936, quando foram desenvolvidos trabalhos relacionados ao Uso da Terra, bem como em outras instituições governamentais, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), além das universidades (IBGE, 2013). A política agrícola também influencia significativamente o uso e manejo das terras. Levien e Cogo (2002) apontam que políticas mal planejadas, implementadas apressadamente, mal gerenciadas, corrompidas ou incompatíveis com a realidade cultural, técnica, ecológica ou econômica dos produtores, têm sido responsáveis por inúmeros fracassos e falências de comunidades inteiras.

Entre as iniciativas de mapeamento do uso e cobertura da terra no Brasil, destaca-se o Projeto RADAM, criado em 1970, que visava levantar os recursos naturais da Amazônia brasileira. Em 1975, o projeto foi ampliado para cobrir todo o território nacional e renomeado como RADAMBRASIL. Com uma equipe multidisciplinar, o projeto integrou áreas como geologia, geomorfologia, vegetação, solos e uso da terra (IBGE, 2018). Em 2004, o governo brasileiro desafiou a comunidade técnico-científica a mapear a cobertura vegetal do Brasil em um nível de detalhe compatível com a escala de 1:250.000 (Edital Probio, 2007).

O Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica (PROBIO) utilizou imagens de satélite de 2002, tornando-se uma iniciativa pioneira em mapeamento digital no Brasil (EMBRAPA, 2007). Outra iniciativa relevante foi o Projeto TerraClass, estruturado em 2010, que produziu mapas detalhados de uso e cobertura das terras desflorestadas da Amazônia Legal e do Cerrado. O projeto foi uma parceria entre a Embrapa e o INPE. Em 2015, o IBGE lançou os primeiros resultados do Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra no Brasil, com o objetivo de espacializar e quantificar esses dados a cada dois anos, permitindo a comparação entre os anos analisados e a análise das mudanças na ocupação do país (IBGE, 2018). O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra no Brasil (MapBiomass), criado em 2015, também se tornou uma ferramenta importante, produzindo mapas anuais do uso e cobertura da terra em todo o território nacional de forma

acessível. Em 2023, esse projeto já apresentava dados de uso e cobertura de 1985 a 2021, disponibilizados no site do projeto.

Dado o contexto das transformações observadas nas últimas décadas, pode-se formular a hipótese de que as atividades humanas, como a agropecuária e a urbanização, desempenham um papel crucial nas alterações das dinâmicas socioambientais da bacia do rio São Francisco. A análise comparativa dos anos de 1985 e 2021 evidencia uma redução progressiva da cobertura vegetal e um aumento nas áreas dedicadas a atividades antrópicas, refletindo impactos significativos na degradação dos recursos naturais e na diminuição da biodiversidade. Este estudo visa fornecer uma avaliação detalhada dessas mudanças, oferecendo subsídios essenciais para a gestão territorial e a conservação dos recursos hídricos e ecológicos da bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio São Francisco, situada inteiramente no território brasileiro, cobre uma área de drenagem superior a 630.000 km². Sua nascente está localizada na Serra da Canastra, em Minas Gerais, e o rio deságua no Oceano Atlântico, entre Alagoas e Sergipe. Conhecido como "rio da integração nacional", o São Francisco tem uma extensão de 2.863 km, atravessando as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, abrangendo seis estados e o Distrito Federal e percorrendo 505 municípios. A área de estudo está representada abaixo na Figura 1. O rio é alimentado por vários afluentes permanentes, como os rios Caririnha, Pardo, Grande e Velha, além de afluentes temporários, como os rios das Rãs, Paramirim e Jacaré, formando a Bacia do rio São Francisco (Souza *et al.*, 2008). Os afluentes funcionam como veias capilares da bacia, influenciando tanto a quantidade quanto a qualidade das águas, uma vez que a poluição de um afluente certamente afetará o rio principal (CBHSF, 2014). A bacia abrange os biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, o que a torna rica em biodiversidade.

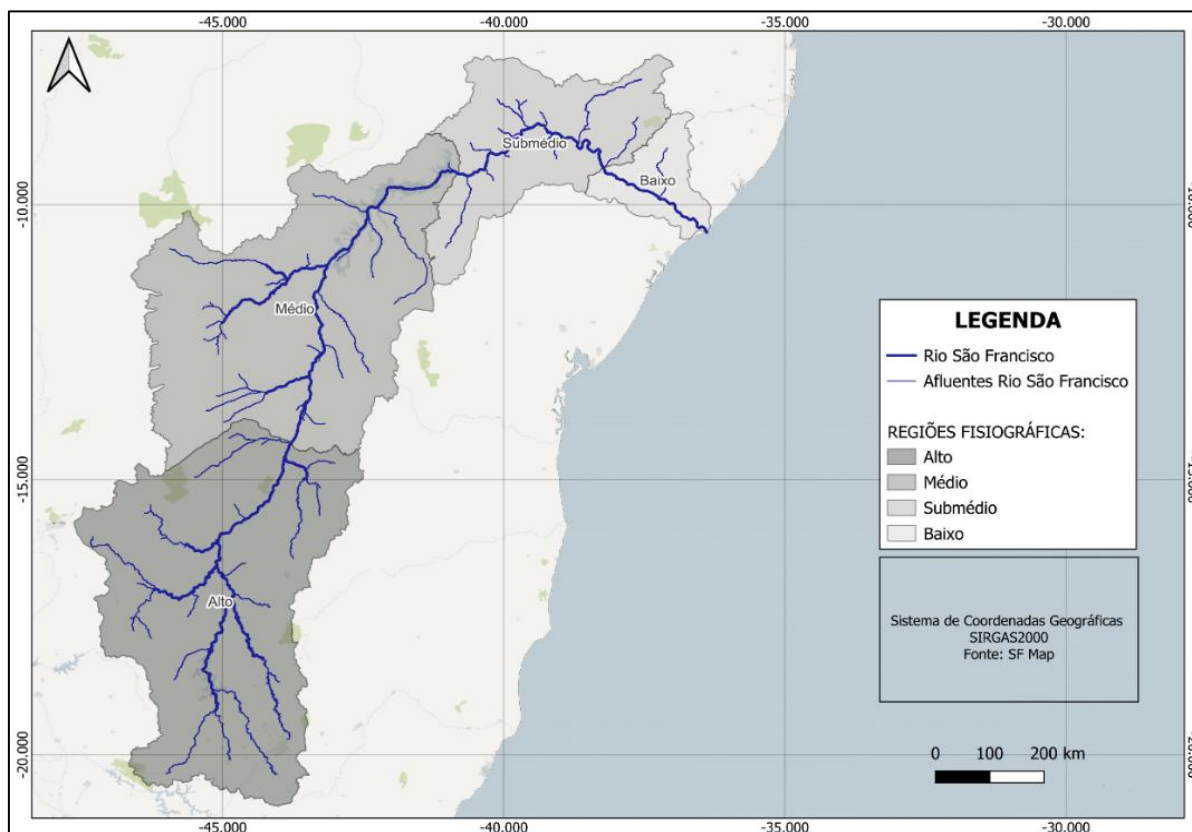
De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio São Francisco, 16 milhões de pessoas vivem na região. A bacia é estratégica para o Brasil, tanto pela sua extensão quanto pela disponibilidade de água, além dos múltiplos usos derivados das atividades desenvolvidas na área (ANA, 2011). A integração de variáveis físicas e humanas resultou em uma diversidade significativa de mosaicos regionais, cuja produção e reprodução do espaço, ao longo do tempo, geraram diferentes formas de ocupação e uso (Castro e Pereira, 2019).

Silva e Rosa (2009) destacaram em seus estudos que a bacia possui um grande potencial de degradação associado às atividades realizadas em sua área, como agropecuária, mineração, parques industriais e silvicultura, que diversificam o uso da terra, assim como o uso da água para pesca, piscicultura, irrigação, abastecimento doméstico e industrial, extração mineral, geração de energia elétrica e atividades recreativas. Em virtude de sua localização em um planalto, o rio tem um elevado potencial, para a geração de energia hidrelétrica, explorado desde a construção da represa de Três Marias, em Minas Gerais, que fornece energia à região Sudeste. No Nordeste, a geração de energia hidrelétrica é possibilitada pelas represas de Sobradinho e Itaparica, na Bahia e pelo complexo de barragens de Paulo Afonso, na divisa entre Bahia e Pernambuco. As barragens de Moxotó e Xingó estão localizadas na fronteira entre Alagoas e Sergipe (Souza *et al.*, 2008).

Obtenção de dados vetoriais, matriciais e das áreas superficiais

Considerando a extensividade da área e para uma melhor visualização dos dados, optou-se por trabalhar as quatro regiões fisiográficas da bacia individualmente, sendo elas: Alto, Médio, Submédio e baixo São Francisco. Os dados vetoriais que delimitam e dividem as regiões da bacia hidrográfica foram obtidos, por meio do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (SIGA São Francisco), utilizando o módulo SF Map. Esse módulo é uma ferramenta baseada em WebGIS, destinada à publicação, consulta e análise de dados espaciais. Por meio do SF Map, é possível disponibilizar e baixar dados geográficos da bacia hidrográfica do rio São Francisco, facilitando sua utilização em estudos e análises espaciais variados. A drenagem do rio São Francisco foi extraída, utilizando o modelo hidrológico gratuito e de código aberto SWAT (Soil and Water Assessment Tool), sendo posteriormente processada no software QGIS.

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do rio São Francisco: Mapa de localização



Fonte: CBHSF; SFMap; organizado pelos autores, 2024.

As imagens raster de Uso e Cobertura, empregadas neste estudo, foram obtidas da Coleção 7, disponibilizada pela iniciativa MapBiomias, por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), utilizando código aberto. As imagens referentes aos anos de 1985 a 2021 foram baixadas da plataforma diretamente para o Google Drive em formato .tif (arquivo raster). Posteriormente, as imagens dos anos de 1985 e 2021 foram abertas e processadas, no software QGIS versão 3.16.11, utilizando as ferramentas disponíveis e a paleta de cores fornecida pelo MapBiomias para cada classe encontrada.

Os valores em Km² referentes às áreas na bacia também foram obtidos por meio do GEE e salvos no formato .csv para que pudessem ser visualizados com uso da ferramenta Microsoft Excel, em que foram tabulados e transformados em tabelas e também apresentados em forma de porcentagem para melhor compreensão.

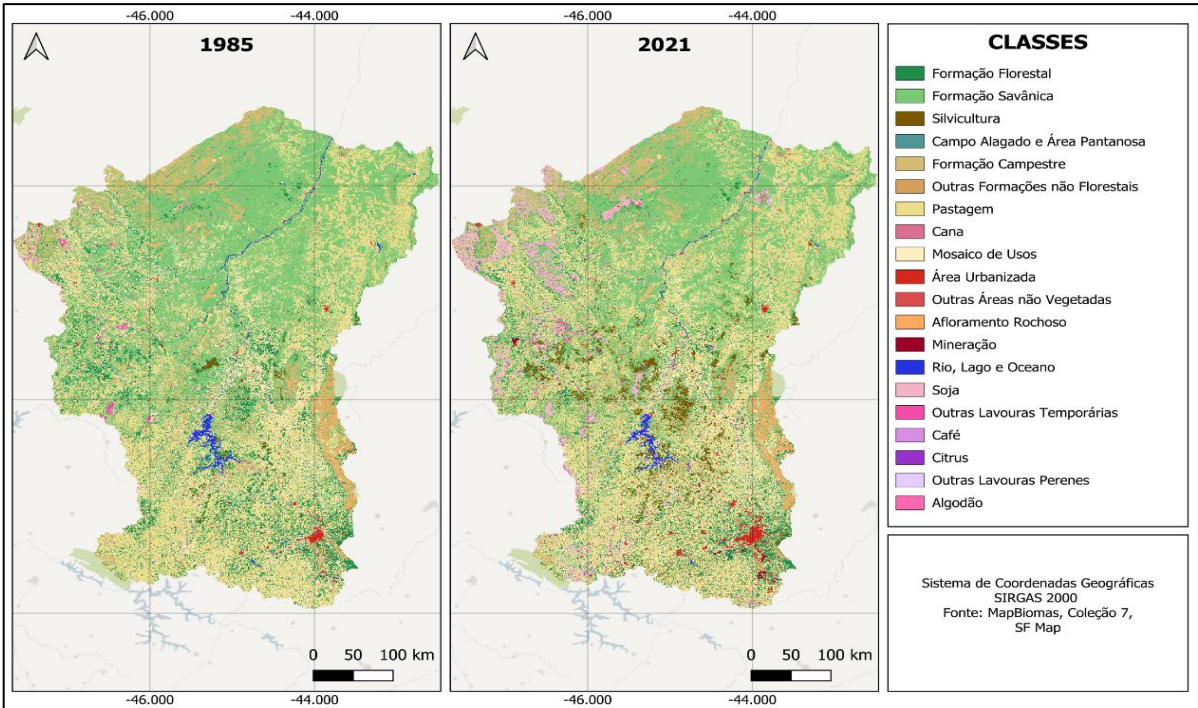
A escolha dos anos de 1985 e 2021, para a análise das mudanças, no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio São Francisco, foi fundamentada em sua representatividade, relevância e na disponibilidade de dados confiáveis para esses períodos. A seleção desses anos é também justificada pela disponibilidade dos dados da coleção 7 do MapBiomias, que abrange o período de 1985 a 2021 e oferece informações consistentes e detalhadas sobre as mudanças no uso e cobertura da terra. Dessa forma, a escolha desses anos permite uma análise abrangente das dinâmicas de uso da terra, alinhada com a base de dados recente e robusta, proporcionando uma visão crítica e atualizada das transformações da região ao longo do tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar as mudanças no uso e cobertura da terra, nas quatro regiões fisiográficas da Bacia do Rio São Francisco entre 1985 e 2021, observa-se uma transformação significativa na paisagem, refletindo impactos tanto de ações antrópicas quanto de processos naturais. Essas mudanças estão apresentadas na Figura 2 e Tabela 1, logo abaixo. Na região do Alto São Francisco, as formações

florestais, que ocupavam 23.731,88 km², em 1985, foram reduzidas para 20.204,56 km², em 2021, evidenciando uma perda de áreas de vegetação nativa. Esse padrão de declínio também é observado nas formações savânicas, cuja extensão diminuiu de 94.178,13 km² para 79.193,61 km² no mesmo período. Em contrapartida, houve um expressivo aumento nas áreas destinadas à silvicultura, que passaram de 1.038,74 km², em 1985 para 7.767,10 km², em 2021, indicando uma intensificação das atividades agrícolas e florestais na região. Além disso, as áreas de campo alagado e pantanoso apresentaram um leve crescimento, enquanto as formações campestres também sofreram redução de 22.613,77 km² para 19.807,59 km², sugerindo uma substituição gradual dessas áreas por outras formas de uso da terra.

Figura 2 - Alto São Francisco: Mapa de Uso e Cobertura da Terra para os anos 1985 e 2021



Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022; SF Map, 2024. Organizado pelos autores, 2024

Tabela 1 - Uso e Cobertura da terra no Alto São Francisco: ocupação em 1985 e 2021 em Km²

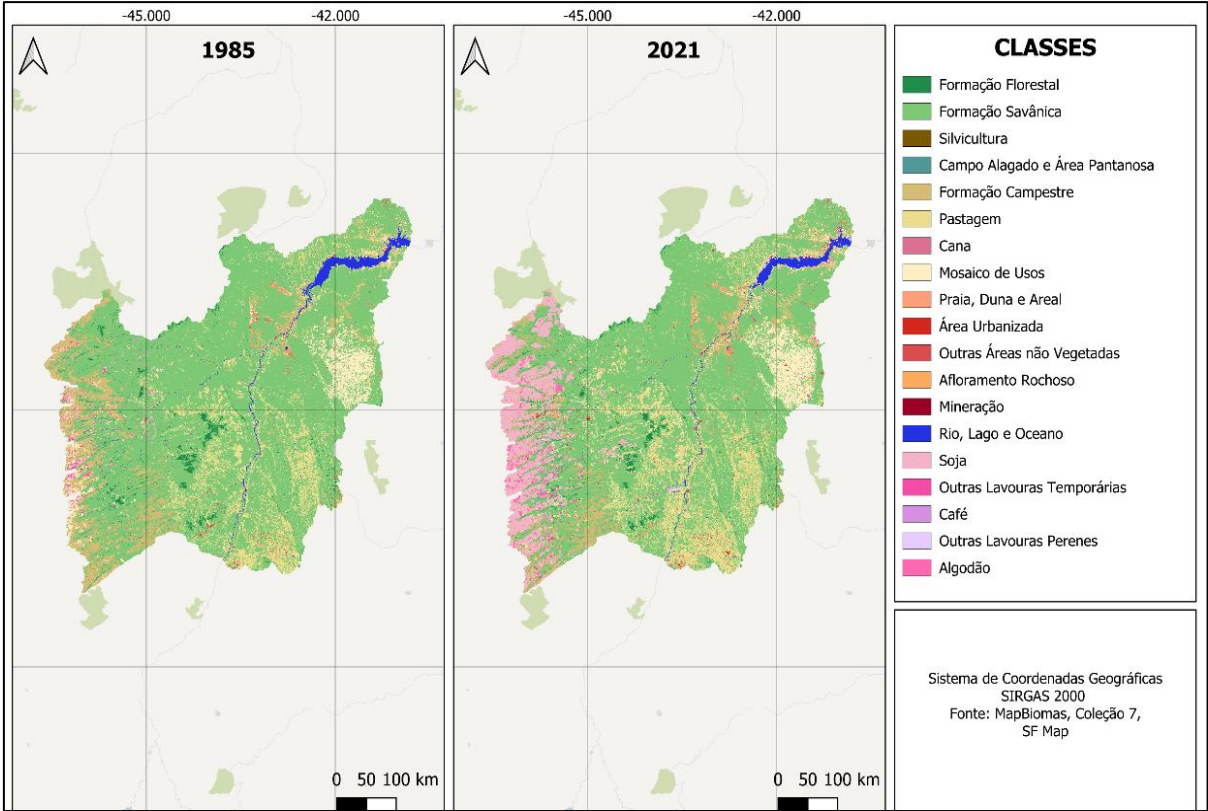
Classe	1985 (km ²)	1985 (%)	2021 (km ²)	2021 (%)
Formação Florestal	23.731,88	8,53%	20.204,56	7,29%
Formação Savânica	94.178,13	33,87%	79.193,61	28,60%
Silvicultura	1.038,74	0,37%	7.767,10	2,80%
Campo Alagado e Área Pantanosa	2.101,32	0,76%	2.240,25	0,81%
Formação Campestre	22.613,77	8,13%	19.807,59	7,15%
Outras Formações não Florestais	0,004	0,01%	0,062	0,01%
Pastagem	72.345,28	26,01%	75.527,65	27,28%
Cana	0,758	0,01%	559,391	0,20%
Mosaico de Usos	28.109,12	10,11%	28.114,01	10,15%
Área Urbanizada	624,45	0,22%	1.957,90	0,71%
Outras Áreas não Vegetadas	1.707,38	0,61%	1.102,35	0,40%
Afloramento Rochoso	27.513,87	9,89%	27.286,99	9,85%

Mineração	72,314	0,03%	335,58	0,12%
Rio, Lago e Oceano	2.409,17	0,87%	1.704,25	0,62%
Soja	347,23	0,12%	9.161,67	3,31%
Outras Lavouras Temporárias	974,78	0,35%	1.919,20	0,69%
Café	239,13	0,09%	560,2	0,20%
Citrus	12,714	0,01%	114,25	0,04%
Outras Lavouras Perenes	33,037	0,01%	290,169	0,10%
Algodão	0	0,00%	1,462	0,01%
TOTAL	278.053,08	100,00%	277.848,24	100,00%

Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022. Organizado pelos autores, 2024.

No Médio São Francisco, um padrão similar é observado, com uma redução das formações florestais e savânicas de 3.955,07 km² para 3.339,78 km² e de 169.852,97 km² para 148.788,54 km², respectivamente (Figura 3). A área destinada à silvicultura também se expandiu significativamente, saltando de apenas 1,185 km², em 1985, para 136,09 km², em 2021, o que reflete uma crescente conversão de áreas naturais para atividades produtivas. É possível notar essa expansão pelos dados apresentados na Tabela 2. As áreas de campo alagado e pantanoso mostraram uma leve redução, enquanto as formações campestres tiveram uma diminuição mais acentuada, passando de 26.432,04 km², em 1985, para 16.787,65 km², em 2021, reforçando a tendência de modificação do uso da terra nessa sub-região.

Figura 3 - Médio São Francisco: Mapa de Uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2021



Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022; SF Map, 2024. Organizado pelos autores, 2024.

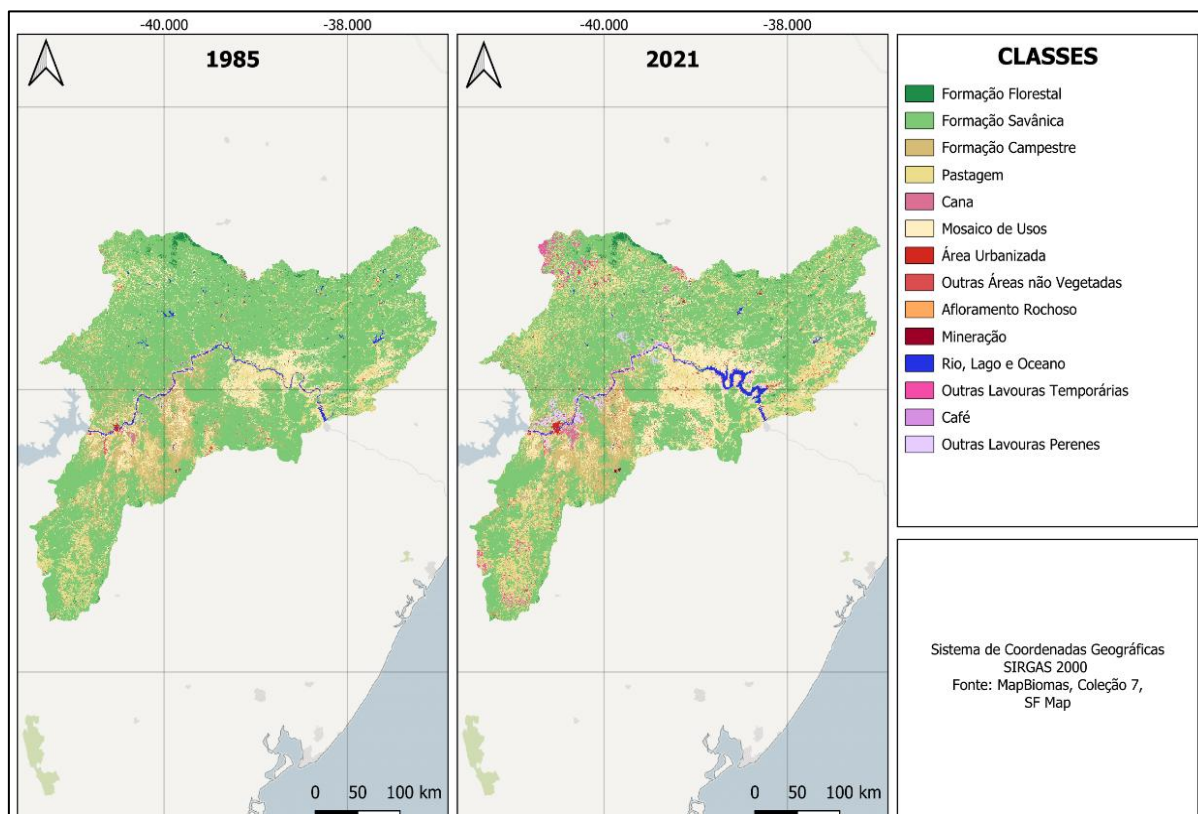
Tabela 2 - Uso e Cobertura da terra no Médio São Francisco: ocupação em 1985 e 2021 em Km²

Classe	1985 (km ²)	1985 (%)	2021 (km ²)	2021 (%)
Formação Florestal	3.955,07	1,60%	3.339,78	1,35%
Formação Savânica	169.852,97	68,62%	148.788,54	60,10%
Silvicultura	1,185	0,01%	136,09	0,05%
Campo Alagado e Área Pantanosa	1.273,16	0,51%	1.235,72	0,50%
Formação Campestre	26.432,04	10,68%	16.787,65	6,78%
Pastagem	22.454,37	9,07%	29.426,13	11,89%
Cana	0,022	0,01%	0,005	0,01%
Mosaico de Usos	15.188,03	6,14%	16.592,40	6,71%
Praia, Duna e Areal	301,01	0,12%	324,51	0,13%
Área Urbanizada	125,83	0,05%	389,32	0,16%
Outras Áreas não Vegetadas	1.424,47	0,58%	1.932,44	0,78%
Afloramento Rochoso	112,53	0,05%	269,89	0,11%
Mineração	0,037	0,01%	0,468	0,01%
Rio, Lago e Oceano	3.923,16	1,59%	3.122,22	1,26%
Soja	571,89	0,23%	21.246,93	8,59%
Outras Lavouras Temporárias	1.262,46	0,51%	1.905,54	0,77%
Café	573,62	0,23%	142,32	0,06%
Outras Lavouras Perenes	66,502	0,03%	408,08	0,16%
Algodão	0	0,00%	1.470,30	0,59%
TOTAL	247.518,36	100,00%	247.518,33	100,00%

Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022. Organizado pelos autores, 2024.

O Submédio São Francisco também apresentou mudanças notáveis, conforme podemos observar abaixo, na Figura 4. As formações florestais e savânicas sofreram uma leve e uma significativa redução, respectivamente. As formações florestais passaram de 710,70 km², em 1985, para 704,52 km², em 2021, enquanto as formações savânicas caíram de 72.695,39 km² para 59.528,03 km². As formações campestres também reduziram sua extensão de 9.254,37 km² para 8.125,43 km², como podemos observar na Tabela 3. Em contraste, houve um aumento expressivo das áreas de pastagem, que mais do que duplicaram, passando de 10.603,60 km², em 1985, para 17.202,47 km², em 2021, refletindo uma intensificação da pecuária na região. A área destinada à cana também aumentou, embora de forma mais modesta.

Figura 4 - Submédio São Francisco: Mapa de Uso e cobertura da terra para os anos 1985 e 2021



Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022; SF Map, 2024. Organizado pelos autores, 2024.

Tabela 3 - Uso e Cobertura da terra no Submédio São Francisco: ocupação em 1985 e 2021 em Km²

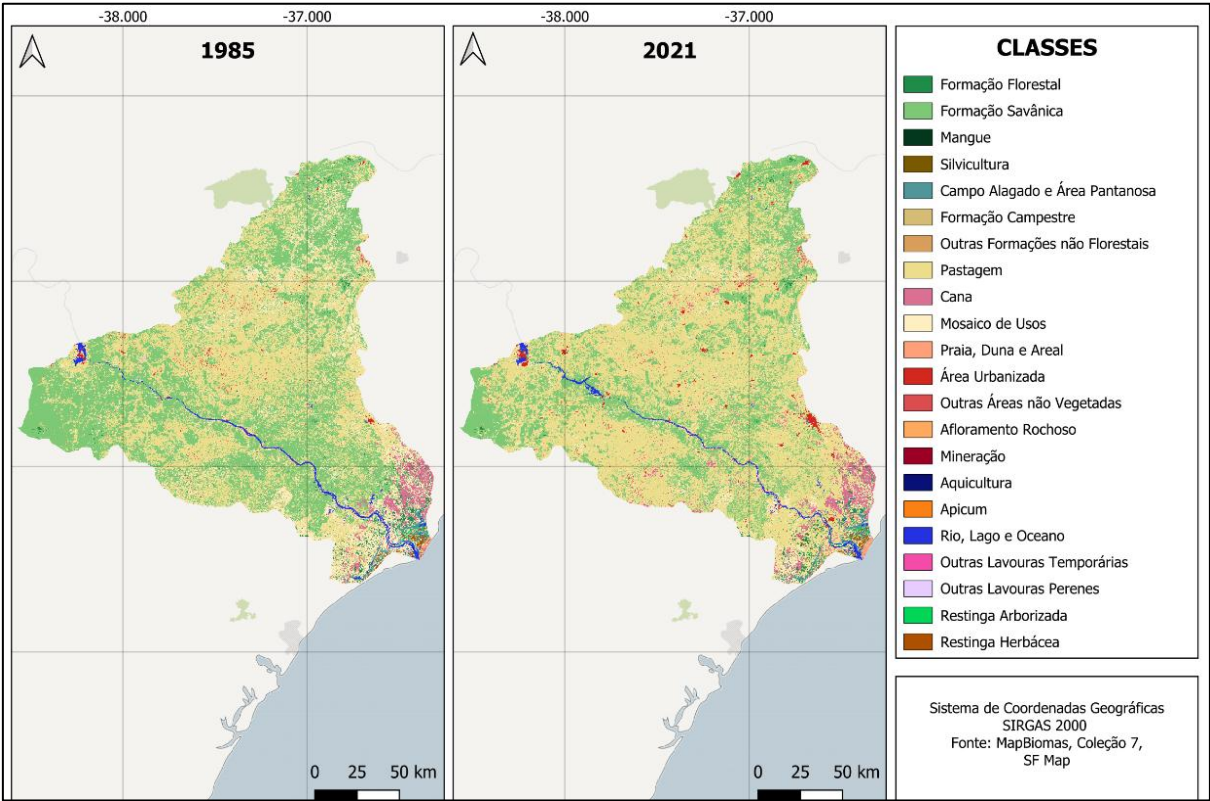
Classe	1985 (km ²)	1985 (%)	2021 (km ²)	2021 (%)
Formação Florestal	710,7	0,67%	704,52	0,67%
Formação Savânica	72.695,39	68,89%	59.528,03	56,37%
Formação Campestre	9.254,37	8,77%	8.125,43	7,70%
Pastagem	10.603,60	10,05%	17.202,47	16,28%
Cana	78,374	0,07%	201,16	0,19%
Mosaico de Usos	10.339,86	9,80%	14.456,57	13,71%
Área Urbanizada	126,18	0,12%	354,98	0,34%
Outras Áreas não Vegetadas	605,06	0,57%	1.153,65	1,09%
Afloramento Rochoso	27,075	0,03%	53,521	0,05%
Mineração	7,774	0,01%	25,913	0,02%
Rio, Lago e Oceano	858,18	0,81%	1.165,41	1,10%
Outras Lavouras Temporárias	59,983	0,06%	1.354,49	1,28%
Café	10,514	0,01%	3.963	0,04%
Outras Lavouras Perenes	163,53	0,16%	1.210,46	1,15%
TOTAL	105.540,59	100,00%	105.540,57	100,00%

Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022. Organizado pelos autores, 2024.

Por fim, no Baixo São Francisco, observou-se uma diminuição das formações florestais de 306,69 km² para 276,27 km² e uma redução ainda mais significativa das formações savânicas, que passaram de

12.501,17 km², em 1985, para 8.359,07 km², em 2021 (Figura 5). Em contrapartida, a área de manguezais teve um pequeno aumento, e a silvicultura experimentou um crescimento notável, de apenas 0,007 km², em 1985, para 10,543 km², em 2021, como pode-se observar na Tabela 4. As áreas de campo alagado e pantanoso também sofreram uma leve redução.

Figura 5 - Baixo São Francisco: Mapa de Uso e cobertura da terra para os anos 1985 e 2021



Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022, SF Map, 2024. Organizado pelos autores, 2024.

Tabela 4 - Uso e Cobertura da terra no Baixo São Francisco: ocupação em 1985 e 2021 em Km²

Classe	1985 (km ²)	1985 (%)	2021 (km ²)	2021 (%)
Formação Florestal	306,69	1,03%	276,27	0,92%
Formação Savânica	12.501,17	41,89%	8.359,07	27,98%
Mangue	0,519	0,00%	1,085	0,00%
Silvicultura	0,007	0,00%	10,543	0,04%
Campo Alagado e Área Pantanosa	196,43	0,66%	172,77	0,58%
Formação Campestre	321,86	1,08%	278,24	0,93%
Outras Formações não Florestais	1,373	0,00%	1,813	0,01%
Pastagem	11.086,88	37,12%	17.004,98	56,91%
Cana	569,1	1,91%	570,4	1,91%
Mosaico de Usos	4.167,17	13,94%	2.161,95	7,23%
Praia, Duna e Areal	27,703	0,09%	41,129	0,14%
Área Urbanizada	43,526	0,15%	232,02	0,78%
Outras Áreas não Vegetadas	186,43	0,62%	196,44	0,66%
Afloramento Rochoso	0	0,00%	0,37	0,00%

Mineração	0,052	0,00%	0,526	0,00%
Aquicultura	0,842	0,00%	3,298	0,01%
Apicum	0,007	0,00%	0,05	0,00%
Rio, Lago e Oceano	340,64	1,14%	295,53	0,99%
Outras Lavouras Temporárias	4,084	0,01%	156,49	0,52%
Outras Lavouras Perenes	8,69	0,03%	3,078	0,01%
Restinga Arborizada	36,392	0,12%	33,821	0,11%
Restinga Herbácea	62,299	0,21%	62,03	0,21%
TOTAL	29.861,86	100,00%	29.861,90	100,00%

Fonte: Coleção 7 Mapbiomas, 2022. Organizado pelos autores, 2024.

DISCUSSÃO

As regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do rio São Francisco compartilham duas características marcantes: a redução das áreas ocupadas por florestas e formações não florestais (Formação Florestal, Formação Savânica, Restinga Arborizada, Formação Campestre, Restinga Herbácea) e o aumento das áreas dedicadas à agropecuária e zonas não vegetadas. No entanto a Cana-de-açúcar no Médio São Francisco e o Café, também no Médio e no Submédio São Francisco, apresentaram uma diminuição em suas áreas ocupadas. Estudos realizados por Melo, Fernandes e Costa (2021, p. 06) corroboram essas observações, apontando para o aumento de áreas utilizadas para agricultura, pastagem e florestas plantadas, e a redução da floresta natural em todas as regiões fisiográficas da bacia. O crescimento populacional e a diversificação das atividades antrópicas são apontados como os principais fatores dessa expansão.

O Brasil é um dos principais produtores agrícolas e pecuários do mundo, mas essa proeminência vem acompanhada de um alto custo ambiental. Entre 2001 e 2016, o país foi o segundo colocado em perda de cobertura florestal, sendo a agropecuária a principal causa (Oliveira e Nobre, 2018). Embora a agricultura tenha trazido benefícios econômicos para a região, os impactos sociais e ambientais são evidentes. Segundo o MapBiomas (2020), entre 1985 e 2020, o Brasil perdeu 85 milhões de hectares (Mha) de vegetação nativa, enquanto a agropecuária expandiu-se em 81 Mha.

Cada região fisiográfica da bacia é ocupada por diferentes biomas, apresentando características e impactos específicos, especialmente relacionados à expansão agrícola e ao desenvolvimento urbano. No Alto São Francisco, o Cerrado é o bioma predominante, estendendo-se também pelo Médio São Francisco, onde há uma zona de transição entre Cerrado e Caatinga. Nessas regiões, observou-se uma significativa redução nas áreas de floresta e formação não florestal, com destaque para as perdas nas formações Savânica e Florestal. O Cerrado brasileiro, a formação savânica mais biodiversa do mundo, já sofreu com o desmatamento e outras formas de degradação, restando apenas 52% de sua cobertura original.

A Caatinga, predominante no Médio, Submédio e Baixo São Francisco, desempenha um papel crucial na bacia hidrográfica, com sua biodiversidade única adaptada às condições áridas, abrigando espécies endêmicas e fornecendo recursos para a subsistência local. A conservação da Caatinga é essencial para a recarga de aquíferos e manutenção dos cursos d'água, além de oferecer potencial turístico e educacional. No entanto sua degradação ameaça a biodiversidade, as comunidades locais e a economia regional, tornando urgente a adoção de práticas sustentáveis.

A silvicultura no Alto São Francisco, especialmente no Norte de Minas, teve uma expansão significativa, principalmente a partir dos anos 1970, com a monocultura de eucalipto, trazendo tanto impactos negativos, como empobrecimento do solo e perda de biodiversidade, quanto positivos, como a geração de energia renovável e a criação de empregos (De Vecchi e Magalhães Junior, 2018). As áreas de pastagem também aumentaram, em toda a bacia, mas, em algumas regiões, observou-se uma leve diminuição, a partir de 2013, embora a área total continue significativa.

A expansão da classe de Afloramento Rochoso no Médio, Submédio e Baixo São Francisco pode estar relacionada à perda de cobertura vegetal, enquanto no Alto São Francisco, a mineração, especialmente de ouro, pode ser a causa da diminuição dessa classe. A exploração mineral, em locais como Paracatu, tem gerado preocupações quanto aos impactos sobre a saúde e o meio ambiente (Astolphi, Soriano e

Silva, 2021). No Médio São Francisco, o crescimento expressivo das culturas de soja e algodão é notável, contribuindo significativamente para a produção nacional. Entretanto essa expansão também levanta preocupações quanto ao uso intensivo de insumos agrícolas e seus impactos ambientais (Castro e Pereira, 2019).

O Baixo São Francisco, onde o rio deságua no Oceano Atlântico, apresenta características únicas, como as áreas de Mangue, Restinga Arborizada, Apicum e Restinga Herbácea, inseridas no bioma Mata Atlântica. Essas áreas, consideradas de preservação permanente, desempenham funções ecológicas importantes, como a proteção da biodiversidade e a regulação dos níveis de salinidade. No entanto houve uma redução significativa dessas áreas, o que pode comprometer a biodiversidade e aumentar a erosão costeira (Santos; Feitosa; Santos, 2019; Soares, 2023).

A bacia do rio São Francisco abriga diversas usinas hidrelétricas, que têm modificado a superfície da água na região. Embora a criação de reservatórios tenha aumentado a superfície de água em algumas áreas, o uso inadequado do solo e a poluição continuam a degradar a qualidade da água, exacerbando problemas como o assoreamento e a redução da disponibilidade hídrica (CBHSF, 2020). A análise do uso da terra, na bacia hidrográfica do São Francisco, evidencia a diminuição das áreas florestais e o aumento da agropecuária, refletindo os impactos das atividades humanas. A expansão da silvicultura e da pastagem traz desafios como a degradação do solo, enquanto no Baixo São Francisco, a perda de restingas e manguezais ameaça a biodiversidade e a proteção costeira. Usinas hidrelétricas afetam a superfície da água, e a má gestão do solo e a poluição deterioram sua qualidade. Esses dados reforçam a necessidade de estratégias de conservação, uso sustentável e manejo adequado dos recursos naturais na bacia, buscando um equilíbrio entre as necessidades socioeconômicas e a preservação dos ecossistemas vitais para a região.

Esses resultados destacam a intensa modificação, na paisagem da Bacia do Rio São Francisco, ao longo de mais de três décadas, caracterizada pela redução das áreas de vegetação natural e o aumento de áreas destinadas a atividades produtivas, como silvicultura e pastagens. Essas mudanças sugerem a necessidade de uma gestão territorial mais integrada e sustentável, que busque equilibrar o desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos naturais e a manutenção dos serviços ecossistêmicos na região.

A análise das mudanças no uso e cobertura da terra na Bacia do Rio São Francisco revela não apenas a transformação na paisagem pela expansão da agropecuária e pela redução das áreas de vegetação nativa, mas também destaca novos desafios que emergem do contexto atual. Em resposta às transformações observadas, as mudanças climáticas se apresentam como um fator significativo. Estudos recentes indicam que o aumento das temperaturas e as alterações nos padrões de precipitação estão exacerbando a seca e afetando a disponibilidade de água na bacia. Esse fenômeno pode potencializar a pressão sobre os ecossistemas e sobre as atividades humanas, tornando a gestão dos recursos hídricos ainda mais crítica. A implementação de técnicas de conservação de água e estratégias de manejo integrado é, portanto, essencial para enfrentar esses desafios e garantir a sustentabilidade da bacia.

Além disso, a eficácia das áreas protegidas e dos corredores ecológicos tem sido destacada como uma estratégia crucial para conservar a biodiversidade e mitigar os impactos das atividades humanas. A criação e o fortalecimento dessas áreas podem melhorar a resiliência dos ecossistemas e promover a recuperação da vegetação nativa (Santos *et al.*, 2023). A promoção de políticas, que favoreçam a ampliação das áreas protegidas e a conexão entre fragmentos de habitat, pode ser decisiva para a preservação da biodiversidade da bacia e para a manutenção de seus serviços ecossistêmicos.

O avanço das tecnologias de monitoramento e gestão, como sensores remotos e sistemas de informação geográfica (SIG), tem se mostrado promissor na avaliação das mudanças no uso da terra e na qualidade da água. Essas ferramentas proporcionam uma visão mais detalhada e precisa dos impactos das atividades humanas, permitindo a implementação de medidas de conservação mais eficazes. A integração de dados de alta resolução com modelos preditivos oferece uma base sólida para a tomada de decisões e para a gestão adaptativa dos recursos naturais.

Além disso, a análise evidencia a necessidade urgente de políticas públicas mais robustas e de um gerenciamento sustentável que considere tanto os aspectos socioeconômicos quanto ambientais (Melo *et al.*, 2024). A coordenação entre diferentes esferas de governo e a participação das comunidades locais são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de gestão que promovam a

conservação e o uso sustentável dos recursos naturais. Revisar e atualizar as políticas de gestão de recursos hídricos e uso da terra é crucial para responder adequadamente às mudanças observadas.

As alterações identificadas impactam diretamente os serviços ecossistêmicos prestados pela bacia, incluindo a regulação hídrica, a provisão de recursos naturais e a manutenção da biodiversidade. A redução de áreas florestais, savânicas e campestres compromete a integridade dos ecossistemas, resultando em maior fragmentação de habitats e perda de conectividade ecológica. Essa realidade demanda ações de mitigação, como a restauração de corredores ecológicos, fundamentais para assegurar a preservação da biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas quanto às pressões antrópicas.

A discussão das alterações no uso e cobertura da terra pode ser enriquecida com a integração de dados sobre mudanças climáticas. O aumento das temperaturas médias e a variabilidade nos padrões de precipitação afetam diretamente a dinâmica dos ecossistemas da bacia, intensificando a pressão sobre os recursos hídricos e exacerbando os impactos das atividades humanas. Estudos futuros podem explorar o uso de modelos climáticos para prever cenários de impacto ambiental e propor medidas adaptativas que promovam a sustentabilidade da bacia quanto aos desafios impostos pelas mudanças globais.

Por fim, a influência da expansão urbana e da construção de infraestrutura na bacia também não pode ser negligenciada. A urbanização e o desenvolvimento de áreas industriais e de transporte contribuem para a fragmentação dos habitats e para a poluição. Estratégias de planejamento urbano sustentável, como a incorporação de áreas verdes e a adoção de práticas de construção ecológicas são necessárias para mitigar os impactos negativos da expansão urbana e preservar a integridade ecológica da bacia. Essas considerações ampliam a discussão sobre as mudanças, no uso da terra na Bacia do Rio São Francisco, destacando a necessidade de uma abordagem integrada e sustentável para enfrentar os desafios atuais e futuros.

CONCLUSÃO

A discussão sobre o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio São Francisco destaca diversas contribuições importantes. A análise evidencia mudanças significativas na paisagem, ao longo das regiões fisiográficas, com a redução das áreas florestais e o aumento das ocupações voltadas à agropecuária e áreas desprovidas de vegetação. Isso ressalta o impacto das atividades humanas, especialmente na agricultura e pecuária, que resultaram na perda de cobertura florestal. É crucial sublinhar a importância da preservação da Caatinga e do Cerrado, ecossistemas vitais para a regulação hídrica, biodiversidade e cultura local.

Esses achados reforçam a necessidade urgente de práticas sustentáveis e de conservação para equilibrar as demandas socioeconômicas com a proteção dos ecossistemas da região. Vale lembrar que a gestão participativa, por meio dos Comitês de Bacia Hidrográfica, oferece uma oportunidade de promover mudanças que favoreçam o uso consciente dos recursos hídricos.

A análise realizada confirma a hipótese levantada na introdução de que as atividades humanas, como agropecuária e urbanização, desempenham um papel crucial nas alterações das dinâmicas socioambientais da bacia do rio São Francisco. As mudanças identificadas, como a redução da vegetação nativa e o aumento das áreas destinadas a usos antrópicos, refletem diretamente os impactos dessas atividades na degradação dos recursos naturais e na perda de biodiversidade. Esses resultados destacam a importância de práticas sustentáveis de manejo do território, bem como a necessidade de fortalecer políticas públicas que conciliem o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental. Assim, o estudo alcança seu objetivo de oferecer subsídios, para uma gestão territorial mais integrada e sustentável, reafirmando a relevância da geotecnologia como ferramenta essencial para análises em larga escala.

As contribuições e avanços da geotecnologia para este estudo são inegáveis, demonstrando a viabilidade de realizar análises em grandes áreas com otimização de tempo para levantamento e processamento de dados. Estudar uma área da magnitude da bacia hidrográfica do São Francisco também leva à reflexão sobre como os interesses econômicos frequentemente se sobrepõem aos socioambientais, especialmente ao considerar os múltiplos usos de suas águas. A pesquisa pode ainda servir como base para outros estudos ambientais, como análises climáticas envolvendo precipitação,

vazão, qualidade da água e modelagens que buscam prever cenários futuros, utilizando o uso e cobertura da terra como um de seus dados.

O São Francisco é uma região que está passando por modificações, em suas características físicas em prol de interesses econômicos, e essas mudanças afetam a cultura local, principalmente das comunidades ribeirinhas, que dependem desse recurso para sua sobrevivência enquanto testemunham a deterioração de sua história juntamente com o curso d'água.

Entre as direções para futuras pesquisas, destaca-se a aplicação de modelos espaciais mais sofisticados, que possibilitem a projeção de cenários futuros de uso e cobertura da terra, levando em consideração as tendências observadas no presente estudo. Outra recomendação importante é a investigação dos impactos das mudanças de uso da terra sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos da bacia, a fim de avaliar de forma mais aprofundada as consequências ambientais dessas transformações. Além disso, sugere-se expandir a análise para incluir variáveis climáticas e socioeconômicas, o que permitiria uma abordagem mais integrada e interdisciplinar na gestão do território, considerando as múltiplas dimensões que influenciam o uso e a preservação dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa concedida para que a pesquisa fosse realizada.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz? (**Cadernos de capacitação em recursos hídricos; v. 1**). Brasília: SAG, 2011. 64 p.
- ARAÚJO FILHO, M. da C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 02, p. 171-179, ago. 2007. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv59n2-44902>.
- ASTOLPHI, J. D. V. C.; DA SILVA, V. de P.; SORIANO, Érico. A produção do ouro em Paracatu/MG – Brasil: riscos para a saúde e bem-estar da população. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 17, p. 55-70, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia17057324>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Edital Probio 02/2004. **Projeto executivo B.02.02.109**. Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado: relatório final. Brasília, DF, 93 p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). Introdução à ciência da Geoinformação. São José dos Campos: **INPE**, 2001. 345 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acesso em: 10 Dez. 2024.
- CBHSF. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. **A gestão do CBHSF 2016-2020**. 2020. Disponível em: https://issuu.com/cbhsofrancisco/docs/livro_cbhsf_2016-2020_final_digital-2. Acesso em: 23 jun. 2023.
- CBHSF. **Os principais afluentes do Velho Chico**. 2014. Disponível em: https://cbhsofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/os-principais-afluentes-do-velho-chico/ Acesso em 28 nov. 2024.
- CASIMIRO, P. C. Acerca do conceito de uso do solo e mudança de uso do solo. APOGEO, **Revista da Associação de Professores de Geografia**, n. 32, p. 23-31, abr. 2007. Disponível em: <https://novaresearch.unl.pt/en/publications/acerca-do-conceito-de-uso-do-solo-e-mudan%C3%A7a-de-uso-do-solo> Acesso em 29 Nov. 2024.
- CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Revitalização da bacia hidrográfica do rio São Francisco: histórico, diagnóstico e desafios. Brasília: **IPEA**, 2019. 366 p. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9351> Acesso em 29 Nov. 2024.
- COELHO, A. L. N. Aplicações de geoprocessamento em bacias de médio e grande porte. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abr. 2007. São

- José dos Campos: INPE, 2007. p. 2437-2445. Disponível em: <http://urlib.net/ibi/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.31.17.41>. Acesso em 30 Nov. 2024.
- DE VECHI, A.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 495-507, jun. 2018. ISSN 2526-043X. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/101>. Acesso em: 09 jul. 2023.
- EMBRAPA. Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados. Planatina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2007. 33 p.
- FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. do N.; SILVINO, G. da S.; PEREIRA, F. C.; NETO, J. M. de M.; SILVA, V. M. de A. **Geotecnologias aplicadas a estudos ambientais**. Campina Grande, PB: Epgraf, 2018. ISBN: 978-85-60307-35-7
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra** – 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Desbravar, conhecer, mapear: memórias do Projeto Radam/RadamBrasil/IBGE. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2018. 364 p.
- LEVIEN, R.; COGO, N. P. Perspectivas do manejo e da conservação do solo e da água no Brasil. In: ARAÚJO, Q. R. **500 anos de uso do solo no Brasil**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 51-162.
- MARTINS E SOUZA FILHO, P. W. et al. Sensoriamento remoto e recursos naturais da Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 58, n. 3, p. 37-41, set. 2006.
- MAPBIOMAS. MapBiomas General “Handbook”: **Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)** – Collection 5, 2020.
- Projeto MapBiomas – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-7/> Acesso em 23 de Jan. 2025.
- MELO, L. S.; FERNANDES, W. S.; COSTA, V. A. F. Dinâmica do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: **IV Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**, 2022.
- MELO, A.; SILVA, G.; RODRIGUES, C. Políticas públicas e gestão sustentável dos recursos naturais: desafios e oportunidades na bacia do rio São Francisco. **Política Ambiental Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 75-92, 2024.
- OLIVEIRA, I. R. de; NOBRE, M. M. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018. 194 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101744>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N.; PORCIONATO, G. L. Dinâmica econômica, infraestrutura e logística no Matopiba. Brasília: **Ipea**, 2018. (Texto para Discussão, n. 2382).
- QGIS Development Team, 2024. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**. <http://qgis.osgeo.org>
- QUINTÃO, J. M. B.; CANTINHO, R. Z.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; MARACAHIPES, L.; BUSTAMANTE, M. M. C. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência E Cultura** (São Paulo), v. 73, n. 1, p. 18-24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21800/2317-66602021000100004>.
- SANTOS, V. de J.; FEITOSA, L. S.; SANTOS, E. de J. O uso SIG na avaliação nos ecossistemas manguezal e apicum no assentamento Novo Horizonte, município de São Cristóvão – SE. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 04, n. 04, p. 25-34, abr. 2019. ISSN: 2448-0959.
- SANTOS, M.; CARVALHO, J.; SILVA, T. Eficácia das áreas protegidas na preservação da biodiversidade: um estudo de caso na bacia do rio São Francisco. **Conservation Science and Practice**, v. 15, n. 1, p. 23-40, 2023.
- SF MAP, s/d. **SIGA São Francisco**. Disponível em: <https://siga.cbhsaofrancisco.org.br/sfmap/> Acesso em: 23 de Jan. 2025.

SILVA, M. A. B. A Lei de Terras de 1850 e o processo de exclusão dos pequenos posseiros no Brasil. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 35, n. 70, p. 77-98, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-93472015v35n70014>

SILVA, M. K. A.; ROSA, R. Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do rio São Francisco, no Estado de Minas Gerais/Brasil. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abr. 2009. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4393-4400.

SOARES, M. B. Compreendendo a biodiversidade da restinga através do estudo da paisagem acústica. **Universidade Estadual Paulista (Unesp)**, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2a9f43af-4805-4ccb-9e89-c396fcb79e8a> Acesso em: 30 jul. 2023.

SOUZA, C. G.; SANTOS, F. S.; MACHADO, L. C.; MENEZES, M. V.; ARAÚJO, T. S. Histórico de degradação do rio São Francisco e os eventuais impactos ambientais. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, Enciclopédia Biosfera, v. 06, 2008.

TURNER, B. L. et al. Two types of global environmental change: definitional and spatial-scale issues in their human dimensions. **Global Environmental Change**, v. 1, n. 1, p. 14-22, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(90\)90004-S](https://doi.org/10.1016/0959-3780(90)90004-S)

Recebido em: 27/09/2024

Aceito para publicação em: 21/01/2025