

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Agrárias
Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Ambientais

Júlia Monteiro Vianna

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E ABORDAGEM GEOLÓGICA
NO TRECHO DO RIO SÃO FRANCISCO ENTRE PIRAPORA
E BARRA DO GUAICUÍ.**

Montes Claros

2024

Júlia Monteiro Vianna

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E ABORDAGEM GEOLÓGICA NO TRECHO DE RIO SÃO FRANCISCO ENTRE PIRAPORA E BARRA DO GUAICUÍ.

Trabalho Final de Especialização apresentada ao Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção e título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientador: Flávio Pimenta Figueiredo

Montes Claros

2024

Vianna, Júlia Monteiro.

V617d
2024 Diagnóstico Ambiental e abordagem geológica no trecho do Rio São Francisco entre Pirapora e Barra do Guaicui [manuscrito] / Júlia Monteiro Vianna. Montes Claros, 2024.
52 f.: il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Flávio Pimenta Figueiredo.

Banca examinadora: Luiz Henrique de Souza, Flavia Mazzer Rodrigues, Flávio Pimenta Figueiredo.

Inclui referências: f. 45-52.

1. Bacias hidrográficas. 2. Meio ambiente. 3. Diagnóstico. I. Figueiredo, Flávio Pimenta . II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 556.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E ABORDAGEM GEOLÓGICA NO TRECHO DO RIO SÃO FRANCISCO ENTRE PIRAPORA E BARRA DO GUAICUI

JÚLIA MONTEIRO VIANNA

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

TFCE aprovado em sete de março de 2024 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

Flávio Pimenta de Figueiredo
Orientador - ICA/UFMG

Flávia Mazzer Rodrigues da Silva
Avaliadora - ICA/UFMG

Luiz Henrique de Souza
Avaliador - ICA/UFMG

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

Dalton Rocha Pereira
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 29/06/2024, às 10:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3335407** e o código CRC **6E80495E**.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco engloba cinco Estados, possuindo grande valor para o país, fundamental para a agricultura, indústria, para o consumo hídrico nas cidades e para geração de eletricidade. As regiões ao longo do curso do Rio São Francisco apresentam condições socioeconômicas díspares e a crise hídrica enfrentada nessas áreas é motivo de alerta. O projeto de transposição do Rio São Francisco foi pensado para levar água ao Nordeste, que é uma região da República Federativa do Brasil, que enfrenta uma maior dificuldade de acesso a água. A área de estudo situa-se na Bacia do Rio São Francisco, na Unidade de gestão São Francisco 6 (SF6), no Rio São Francisco entre os municípios de Pirapora e Barra do Guaicuí. O presente trabalho objetivou diagnosticar a condição ambiental existente no trecho do Rio São Francisco entre Pirapora-MG e Barra do Guaicuí. A pesquisa descritiva foi o método empregado, por meio da realização de revisão bibliográfica dos conteúdos pertinentes; da análise das imagens de satélite do Google Earth e o geoprocessamento no QGis das imagens obtidas com a descrição geomorfológica do Rio São Francisco. Também foi realizada a coleta e a análise dos dados climatológicos, fornecidos pelo INMET, durante os anos de 2021 a 2023. Os resultados encontrados nas imagens foram compatíveis com a presença de áreas assoreadas no trecho do Rio São Francisco, com destaque para oito pontos. A análise dos dados climatológicos permitiu a construção do Balanço Hídrico. De posse dos resultados encontrados e da conclusão de que o assoreamento acarreta impactos ambientais, foram definidas as medidas mitigadoras ao impacto ambiental, com inclusão de medidas preventivas e medidas corretivas, além da entrega de mapas, gráficos e quadros na forma de produto acadêmico.

Palavras-chave: recursos hídricos; meio ambiente; diagnóstico; Rio São Francisco.

ABSTRACT

The São Francisco River Basin encompasses five states and is of great value to the country, essential for agriculture, industry, water consumption in cities and electricity generation. The regions along the course of the São Francisco River have disparate socio-economic conditions and the water crisis faced in these areas is cause for alarm. The São Francisco River transposition project was designed to bring water to the Northeast, which is a region of the Federative Republic of Brazil that faces greater difficulty in accessing water. The study area is located in the São Francisco River Basin, in São Francisco Management Unit 6 (SF6), on the São Francisco River between the municipalities of Pirapora and Barra do Guaicuí. The aim of this study was to diagnose the environmental condition of the stretch of the São Francisco River between Pirapora-MG and Barra do Guaicuí. Descriptive research was the method employed, through a bibliographical review of the relevant content; analysis of satellite images from Google Earth and geoprocessing in QGIS of the images obtained with the geomorphological description of the São Francisco River. Climatological data provided by INMET was also collected and analysed for the years 2021 to 2023. The results found in the images were compatible with the presence of silted areas in the stretch of the São Francisco River, with eight points standing out. The analysis of the climatological data enabled the construction of the Water Balance. With the results found and the conclusion that siltation causes environmental impacts, measures to mitigate the environmental impact were defined, including preventive and corrective measures, as well as the delivery of maps, graphs and tables in the form of an academic product.

Keywords: water; environmental; diagnosis; São Francisco River.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Estratigrafia do Cráton do São Francisco.	15
FIGURA 2 - Mapa Geológico do Trecho do Rio São Francisco.	16
FIGURA 3 - Modelo digital de Elevação do Município de Pirapora.	18
FIGURA 4 - Bacia do Rio São Francisco e Afluentes.	19
FIGURA 5 – Unidade de gestão SF6.	21
FIGURA 6 - Mapa de localização do Rio São Francisco em estudo.	22
FIGURA 7 - Precipitação em Pirapora - MG, 2021-2023.	24
FIGURA 8 - Precipitação em Pirapora - MG, por ano.	25
FIGURA 9 - Temperatura em Pirapora - MG, 2021-2023.	25
FIGURA 10 - Temperaturas em Pirapora - MG, por ano.	26
FIGURA 11 – Radiação Global em Pirapora - MG, 2021-2023.	27
FIGURA 12 – Radiação Global em Pirapora - MG, por ano.	28
FIGURA 13 – Vento, Velocidade Horária em Pirapora - MG, 2021-2023.	29
FIGURA 14 – Vento, Velocidade Horária em Pirapora - MG, por ano.	30
FIGURA 15 – Evapotranspiração Referência em Pirapora - MG, 2021-2023.	31
FIGURA 16 – Evapotranspiração Referência em Pirapora-MG, por ano.	32
FIGURA 17 - Barras de meandro no Rio São Francisco.	37
FIGURA 18 – Mapa dos trechos 1, 2 e 3 entre Barra do Guaicuí e Pirapora.	38
FIGURA 19 – Pontos de assoreamento do Rio São Francisco.	39

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Balanço Hídrico, 2021-2023.	33
QUADRO 2 - Balanço Hídrico, ano de 2021.	34
QUADRO 3 - Balanço Hídrico, ano de 2022.	35
QUADRO 4 - Balanço Hídrico, ano de 2023.	36
QUADRO 5 – Estudos para definição de medidas mitigadoras.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SEMAD-GO Sustentável	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
FTSSF	Fórum do Território Sertão do São Francisco
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
TRF	Tribunal Regional Federal
MPF	Ministério Público Federal
SF	Rio São Francisco
CODEMIG	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil
PREC	Precipitação
ETo	Evapotranspiração Referência
ARM	Armazenamento
ETR	Evapotranspiração Real
EXC	Excedente
DEF	Déficit
TEMP	Temperatura
NEG. AC.	Negativo Acumulado
ALT	Altura
CAD	Capacidade de água disponível.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. DESENVOLVIMENTO	11
2.1. Referencial Teórico	11
2.1.1 Contexto Geológico	11
2.1.1.1. Geologia Regional	12
2.1.1.1.1. Grupo Bambuí	12
2.1.1.1.2. Grupo Urucuia	13
2.1.1.2. Geologia Local	16
2.1.1.2.1. Coberturas Terciário-Quaternárias	16
2.1.2. Geomorfologia	17
2.1.3. Governança	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Caracterização Metodológica	21
4. DISCUSSÃO E RESULTADOS	23
4.1. Balanço Hídrico e Climatológico	23
4.1.1. Pluviosidade	23
4.1.2. Temperatura	25
4.1.3. Radiação Global	26
4.1.4. Ventos	28
4.1.5. Evapotranspiração de Referência	30
4.2. Descrição Geomorfológica do Rio São Francisco	36
4.3. Análise de Imagens de Satélite do trecho em estudo	38
4.4. Impactos Ambientais	39
4.5. Medidas Mitigadoras	41
4.5.1. Medidas Preventivas	41
4.5.2. Medidas Corretivas	42
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, corresponde a 8% do território nacional, (CBHSF, 2017), é uma das bacias hidrográficas mais valiosas do país (SEMAD-GO, s/d)¹, situa-se nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, englobando os estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Distrito Federal, percorrendo 505 municípios, apresenta uma extensão de aproximadamente 2.863 km e área de drenagem de mais de 639.219 km², (CBHSF, 2017). Inclui os biomas da Caatinga, Cerrado, Mata-Atlântica e o ecossistema estuarino do Rio São Francisco (PAULA; *et. al.*, 2011) e (CBHSF, 2016). A Bacia Hidrográfica do São Francisco é composta por regiões de climas úmidos, árido e semiárido (GURJÃO; *et. al.* 2012).

Tal Bacia Hidrográfica é formada por 168 afluentes, dos quais 99 são rios perenes e 69 são rios temporários (VIANA, 2005 *apud* SOUZA, 2008) e tem enorme valia econômica, política, social e cultural para a região (FTSSF, 2008), em virtude de suas águas abastecerem e fornecerem eletricidade para 521 municípios no entorno (ANA, 2017 *apud* MPF, 2018). O Nilo Brasileiro, como também é conhecido, serve ainda como via de transporte de mercadorias de algumas regiões. Os principais itens transportados, em embarcações especiais, são: sal, arroz, soja, açúcar, cimento, areia, madeira, alguns minérios e produtos manufaturados (TRF, 2015). Ao longo do seu curso de água existem várias usinas hidrelétricas diferentes, dentre elas: Três Marias - MG, Queimado – MG/GO, Complexo Hidrelétrico Paulo Afonso - BA, Sobradinho - BA, e Luiz Gonzaga (Itaparica) - PE, Xingó e Moxotó – AL/SE (ANA, 2017 *apud* MPF, 2018).

O Rio São Francisco ou "Velho Chico" é um dos rios mais valiosos do país (SOUZA; ALMEIDA; SANTOS, 2018) totalizando 2.130 km de trechos navegáveis sendo um rio perene (MELO; ARCILA, 2019) e (AB'SABER, 2006), que nasce na Serra da Canastra e escoar no sentido Sul-Norte do país, atravessa o Sertão Nordestino e deságua no Oceano Atlântico, na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe. O Rio é dividido em quatro trechos: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (CBHSF,

¹ SEMAD: A Estrutura Governamental do Estado do Goiás denomina a Secretaria responsável pela organização e gestão do meio ambiente como Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://goias.gov.br/meioambiente/>.

2017). Em virtude de o Rio São Francisco ser um rio perene, a atividade de navegação é possível (CBHSF, 2017), muito embora alguns problemas ambientais, como por exemplo a perda das matas ciliares possibilite o acúmulo de sedimentos (OLIVEIRA; FERNANDES FILHO, 2013 *apud* DIAS, 2018) e de resíduos sólidos (SANTOS; ARAUJO, 2020) desencadeando assim um processo de assoreamento, que inviabiliza a navegação em alguns trechos do rio (CBHSF, 2004).

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco vem enfrentando condições hidrometeorológicas adversas desde 2013, com vazões e precipitações abaixo da média, sendo a vazão média de 2.850 m³/s (2% do total do país) e a precipitação média anual de 1.036 mm, sendo que os mais altos valores de precipitação, da ordem de 1.400 mm, ocorrem nas nascentes do rio e, os mais baixos, cerca de 350 mm, com consequências nos níveis de armazenamento dos reservatórios ali instalados. A fim de preservar os estoques de água, a operação dos reservatórios vem sendo feita de forma especial e com acompanhamento periódico (CBHSF, 2017).

O território banhado pelo Rio São Francisco apresenta uma população de 15 milhões de habitantes, com grande contraste socioeconômico, tal concentração demográfica urbana e industrial (CBHSF, 2017), gera impactos ambientais (SÁ; ALVARES; CUNHA, 2010 *apud* RIBEIRO; EMBRAPA, 2010), a partir das práticas de desmatamentos, queimadas e cultivos em locais impróprios, causa perda de solo e a alta emissão de esgoto (SÁ; ALVARES; CUNHA, 2010 *apud* RIBEIRO; EMBRAPA, 2010). Cerca de 54% do território da bacia hidrográfica se localiza no Semiárido, com registro de períodos críticos de estiagem (CBHSF, 2017). Em virtude disso, o Governo Federal começou o projeto de transposição do Rio São Francisco (CBHSF, 2017).

Este trabalho tem como objetivo realizar um diagnóstico ambiental do trecho do Rio São Francisco entre Pirapora e Barra do Guaicuí, descrever a geologia local; realizar uma análise geomorfológica; realizar a análise de imagens de satélite; analisar o balanço hídrico dos anos de (2021, 2022 e 2023). Definir os possíveis impactos ambientais; apontar medidas mitigadoras para tais impactos. A justificativa para a realização dessa pesquisa se deve a importância do diagnóstico dos possíveis impactos ambientais, que porventura possam estar ocorrendo nesse trecho do Rio São Francisco, dada a relevância socioeconômica do Rio para a região estudada.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

2.1.1. Contexto Geológico

O Cráton do São Francisco é uma província tectonicamente estável, cujo embasamento consolidou-se desde o período Pré-Brasiliano, que engloba os estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Pernambuco e Goiás, que sofreu regeneração tectônica ocorrida na segunda metade do Pré-Cambriano Superior, de grande parte da área cratônica surgida com o término do Ciclo Transamazônico, poupou um eixo de 650.000 Km², que se comportaria como anti-país assíntico, envolvido nas faixas de dobramentos do Ciclo Geotectônico Brasileiro (ALMEIDA, 1977).

O vale do São Francisco situa-se tectonicamente no compartimento central do Cráton do São Francisco, (ALMEIDA 1977 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009) e (ALKMIM; MARTINS NETO, 2001 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009²), na sua porção leste, ocorre a influência de dobramentos brasileiros da Faixa Araçuaí, representada por uma cobertura tubular sub-horizontal, pouco deformada em escala regional, que expõe estruturas tectônicas de orientação NW, que se denomina de *horst*-anticlinal de Montalvânia, (BEURLEN, 1973 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009) e uma estrutura de orientação E-W, que se denomina falha de São João das Missões e apresenta uma sucessão sedimentar formada por uma cobertura neoproterozóica representada pelo Grupo Bambuí e as coberturas fanerozóicas representadas pelo Grupo Urucuaia e os depósitos terciário-quadernários, característicos da Bacia Intracratônica do São Francisco (ALKMIM; MARTINS NETO, 2001 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

O Rio São Francisco é um divisor na distribuição e espessura das formações do Grupo Bambuí, pois expõe uma falta de correspondência entre a margem esquerda, onde afloram as rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas e a margem direita, representada pela sucessão pelito/carbonática das formações Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré, que foi associada por diversos autores

² ALKMIM, Fernando Flecha.; MARTINS-NETO, Marcelo Augusto. **A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** In: PINTO, Claiton Piva.; MARTINS-NETO Marcelo Augusto. (eds). Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais. SBG-MG, Belo Horizonte, 2001.

(ROBERTSON 1963, CASSEDANNE 1972, LOPES 1979 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009) a uma falha de gravidade, mascarada pelas extensas coberturas da planície aluvial do Rio São Francisco, de direção NNE com rebaixamento do bloco da margem direita (IGLESIAS; UHLEIN, 2009), (Figura 1).

Eventos de reativação tectônica associados à abertura do Atlântico Sul, no Cretáceo-Terciário, resultaram na sedimentação dos arenitos do Grupo Urucuia (CAMPOS; DARDENNE 1997a *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009), além de fraturamento generalizado, segundo as direções NE e NW, que vem condicionando grande parte do sistema de drenagem da área (IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

2.1.1.1. Geologia Regional

2.1.1.1.1. Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí, com idade de 750 a 600 milhões de anos, constitui a cobertura neoproterozóica de maior distribuição no Cráton do São Francisco. Representa associação de litofácies siliciclásticas e bioquímicas (IGLESIAS; UHLEIN, 2009), na parte basal é composto por samburás, na forma de sedimentos plataformais depositados em extenso mar epicontinental (IGLESIAS; UHLEIN, 2009), resultante de submersão quase total em decorrência do segundo estágio estrutural nos geossinclíneos marginais (ALMEIDA, 1977) e predominantemente pelítica e carbonatada, que indica ambiente de águas marinhas rasas e planícies de maré, em área subsidente geralmente de baixa a média energia (MARCHESE, 1974 *apud* ALMEIDA, 1977).

O Grupo Bambuí recobre diretamente o embasamento cristalino e é composto pelo Subgrupo Paraopeba composto por quatro formações geológicas (Formação Sete Lagoas, Formação Serra de Santa Helena, Formação Lagoa do Jacaré e Formação Serra da Saudade), da base para o topo e a Formação Três Marias que tem como base o Grupo Bambuí, em contato discordante, pouco acentuado e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, (RADAMBRASIL, 1982 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009), (COSTA; BRANCO, 1961 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009) e (DARDENNE, 1978 *apud* IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

1) Formação Sete Lagoas, unidade basal do Grupo Bambuí, composta por rochas carbonáticas, tais como calcário químico ou lama carbonática cinza escuro

onde predomina micrita, frequentemente com níveis de marga de coloração bege e, por vezes, com calcários aloquímicos cinza claros (CODEMIG, 2011), apresenta uma sucessão de calcários e dolomitos e veios de calcita (IGLESIAS; UHLEIN, 2009) e (CODEMIG, 2011).

2) Formação Serra de Santa Helena, composta por rochas pelito-carbonáticas, apresenta siltitos, folhelhos e margas de cores esverdeadas, arroxeados quando intemperizados e ainda, intercalações métricas de calcário cinza escuro (IGLESIAS; UHLEIN, 2009), intercalações de siltitos e argilitos de coloração bege, ocre e por vezes esverdeada (CODEMIG, 2011).

3) Formação Lagoa do Jacaré, composta por rochas carbonáticas, apresenta calcários pretos a cinza, localmente oolíticos e pisolíticos, brechas intraclásticas, margas e intercalações de siltitos e folhelhos de cor esverdeada, nódulos de chert e estruturas estromatolíticas (IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

4) Formação Serra da Saudade, composta predominantemente por rochas pelíticas. Constituída por uma sucessão de siltitos, siltitos argilosos e folhelhos de cor esverdeada, amarelos, quando intemperizados e finamente laminados (IGLESIAS; UHLEIN, 2009) e ocorrências pontuais de ardósia de coloração cinza escuro, roxo e verde, com o grau de intemperismo variando de baixo a médio (CODEMIG, 2011).

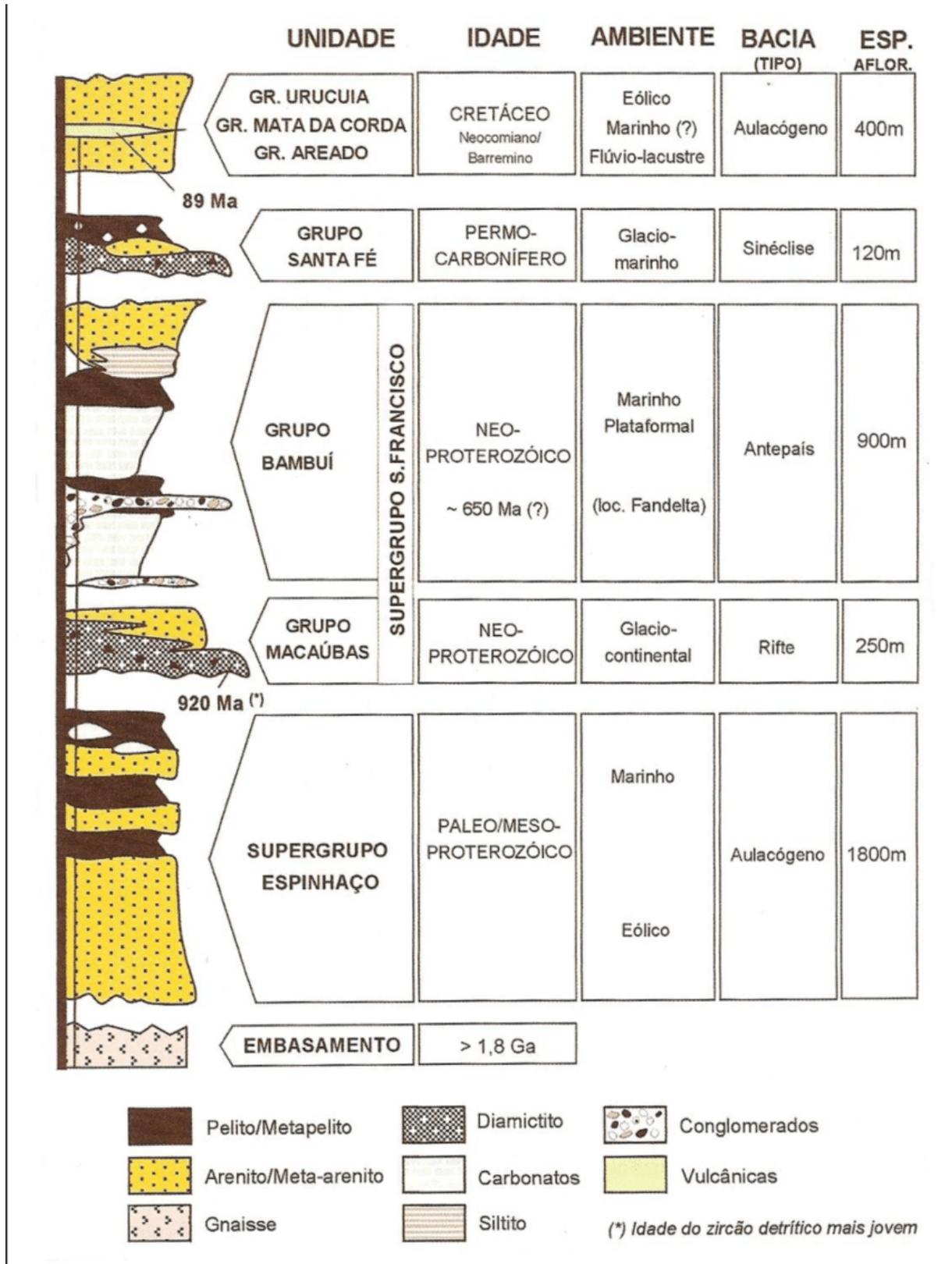
5) Formação Três Marias, composta por rochas calcárias químicas (lama carbonática) cinza escuro onde predomina micrita, frequentemente com níveis de marga de coloração bege e, por vezes, com calcários aloquímicos cinza claros e veios de calcita (CODEMIG, 2011), predominam rochas siltico-arenosas, com intercalações de arcósios, e rochas psamíticas, Apresenta um conjunto de arcósios, arenitos e siltitos, de cores verde a cinza-esverdeado, contendo raras lentes de argilitos, delgados conglomerados polimíticos de matriz arcósiana silicificada (IGLESIAS; UHLEIN, 2009).

2.1.1.1.2. Grupo Urucuia

O Grupo Urucuia é uma unidade neocretácea, muito conhecida pelo seu potencial aquífero, composta por sedimentos cretáceos, conglomerados delgados e siltitos na sequência basal (BOMFIM; GOMES, 2004; IGLESIAS; UHLEIN, 2009), tal grupo ocorre em extensa área, concentrando-se principalmente nos chapadões a oeste do Rio São Francisco. Composto predominantemente por arenitos quartzosos

finos a grosseiros (BOMFIM; GOMES, 2004), avermelhados e brancos, com grãos arredondados, bem selecionados e matriz argilosa escassa. Os arenitos se apresentam frequentemente compactos, muito silicificados, exibindo fratura conchoidal quando percutidos. Em alguns locais, na base da unidade, observou-se a existência de argilitos, siltitos e finos conglomerados monolíticos (IGLESIAS; UHLEIN, 2009), (Figura 1):

Figura 1 - Estratigrafia do Cráton do São Francisco.



Fonte: (ALKMIM; MARTINS - NETO, 2001³).

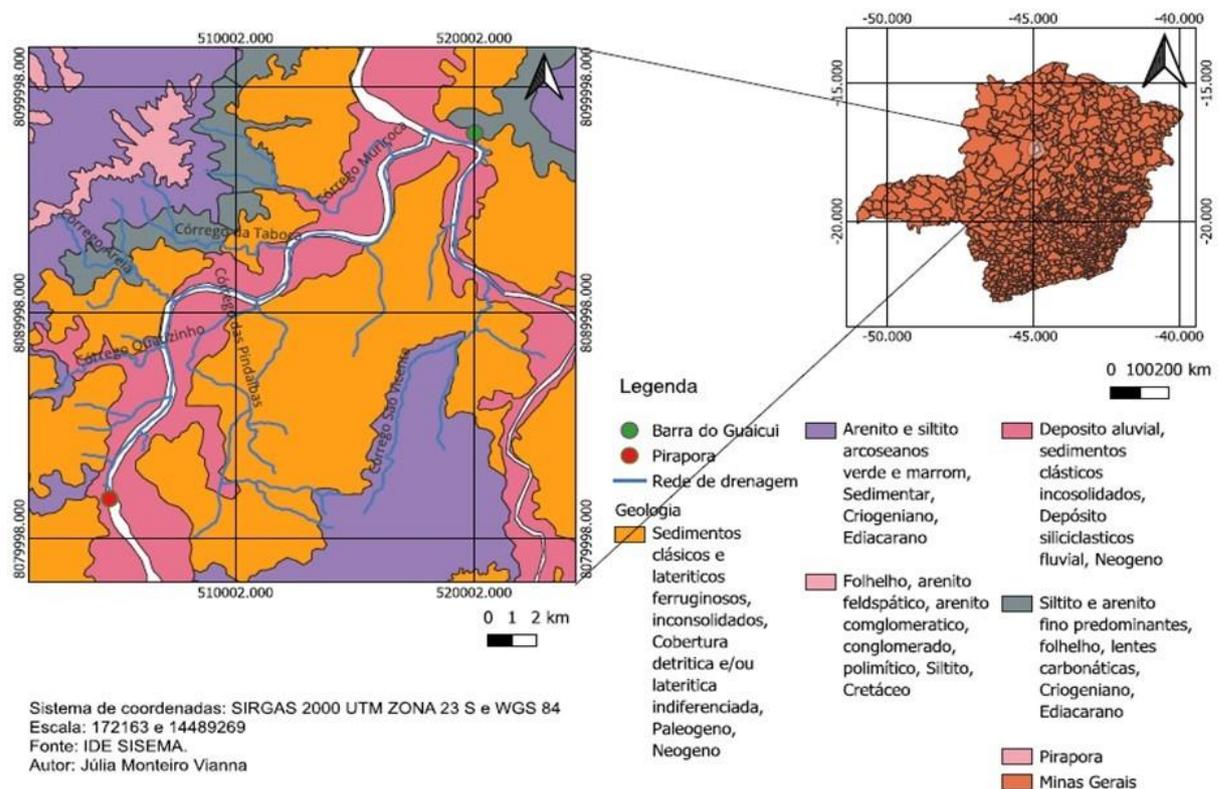
³ ALKMIM, Fernando Flecha.; MARTINS - NETO, Marcelo Augusto. **A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** 2001.

2.1.1.2. Geologia Local

2.1.1.2.1. Coberturas Terciário-Quaternárias

Na Figura 2 pode-se constatar que conforme a carta geológica SE.23-X-C-I o trecho do Rio São Francisco em estudo em Barra do Guaicuí se situa geologicamente em unidades fanerozóicas de depósitos aluvionares inconsolidados de cascalhos, areias e argilas, com espessura variável, conforme as dimensões do curso de água, ao longo do Rio São Francisco que podem atingir mais de 10 metros e em terraços aluvionares inconsolidados a semi-consolidados com níveis de espessura variável de cascalhos, areias e argilas, sendo alguns dos depósitos estratificados, com espessura máxima de 5 metros. Com coberturas de canga laterítica, pouco frequentes e de espessura reduzida, em dois locais observa-se níveis areníticos de rocha local subjacente, completamente laterizados. Principalmente as litologias N4a e Ndl (CODEMIG, 2013).

Figura 2 – Mapa Geológico do Trecho do Rio São Francisco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1.2. Geomorfologia

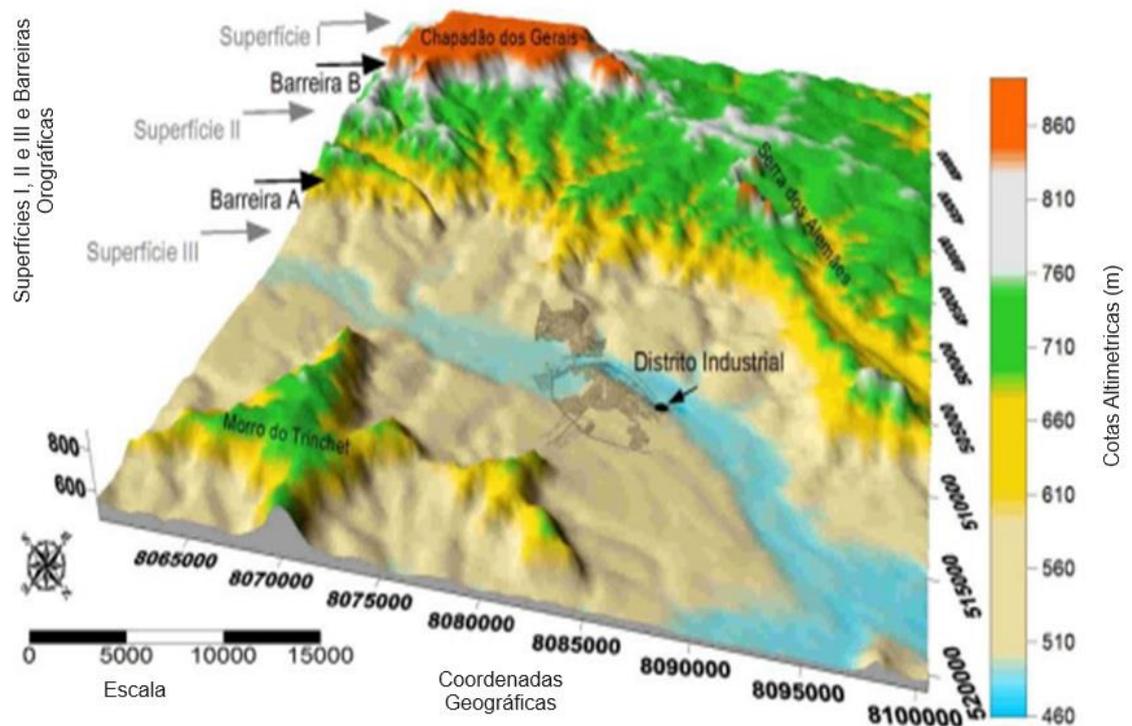
O trecho do Rio São Francisco, em estudo situa-se entre Barra do Guacuí e Pirapora, Minas Gerais. Tal trecho localiza-se geomorfologicamente na depressão do Médio São Francisco, que é caracterizada por uma superfície constituída por rampas arenosas convergentes para a larga planície aluvionar ao longo do curso do rio, partindo dos sopés das elevações do Espinhaço e dos Chapadões Ocidentais, drenada pelos afluentes de ambas as margens do Rio São Francisco (SÁ; *et. al.*, 2011).

A Figura 3 representa o Modelo digital de Elevação da área de estudo, que se situa no Município de Pirapora, Estado de Minas Gerais. Observa-se o destaque dado as feições de relevo de planaltos tabulares do Chapadão dos Gerais a oeste, Serra do Repartimento (Morro do Trinchet) a leste e o complexo do Jatobá, que inclui a Serra do Alemães a norte. Tais feições se inserem nas três superfícies que caracterizam o relevo regional, a superfície I de cimeira na cota altimétrica de 900 metros, a superfície II intermediária na cota altimétrica de 700 metros e a superfície III o piso da depressão na cota altimétrica de 470 metros (RIBEIRO; *et. al.*, 2020).

A transição entre essas superfícies é marcada por dois patamares principais que funcionam como barreiras naturais ao deslocamento dos sedimentos, também chamadas de barreiras orográficas. A primeira barreira orográfica (A) caracteriza-se por marcar um desnível de 230 metros entre o piso da Depressão do São Francisco na cota altimétrica de 470 metros e a superfície intermediária na cota altimétrica de 700 metros. A segunda barreira (B) compreende um desnível de 200 metros que define a transição da superfície intermediária na cota altimétrica de 700 metros para o patamar superior, na cota de 900 metros, composto pelos residuais e escarpas erosivas que bordejam as chapadas tabulares, como visto na Figura 3 (RIBEIRO; *et. al.*, 2020).

Na Figura 3, as feições geomorfológicas e barreiras orográficas se encontram em amarelo e cinza, a superfície I encontra-se em vermelho representada pelo Chapadão dos Gerais, em laranja, a superfície tabular, em verde a superfície II (Intermediária) e em bege a área o piso da depressão (Superfície III) e em azul, planície de inundação do Rio São Francisco. Assim, têm-se as barreiras A e B nas cotas médias de 600m e 800m de altitude, respectivamente (RIBEIRO; *et. al.*, 2020).

Figura 3 – Modelo digital de Elevação do Município de Pirapora.



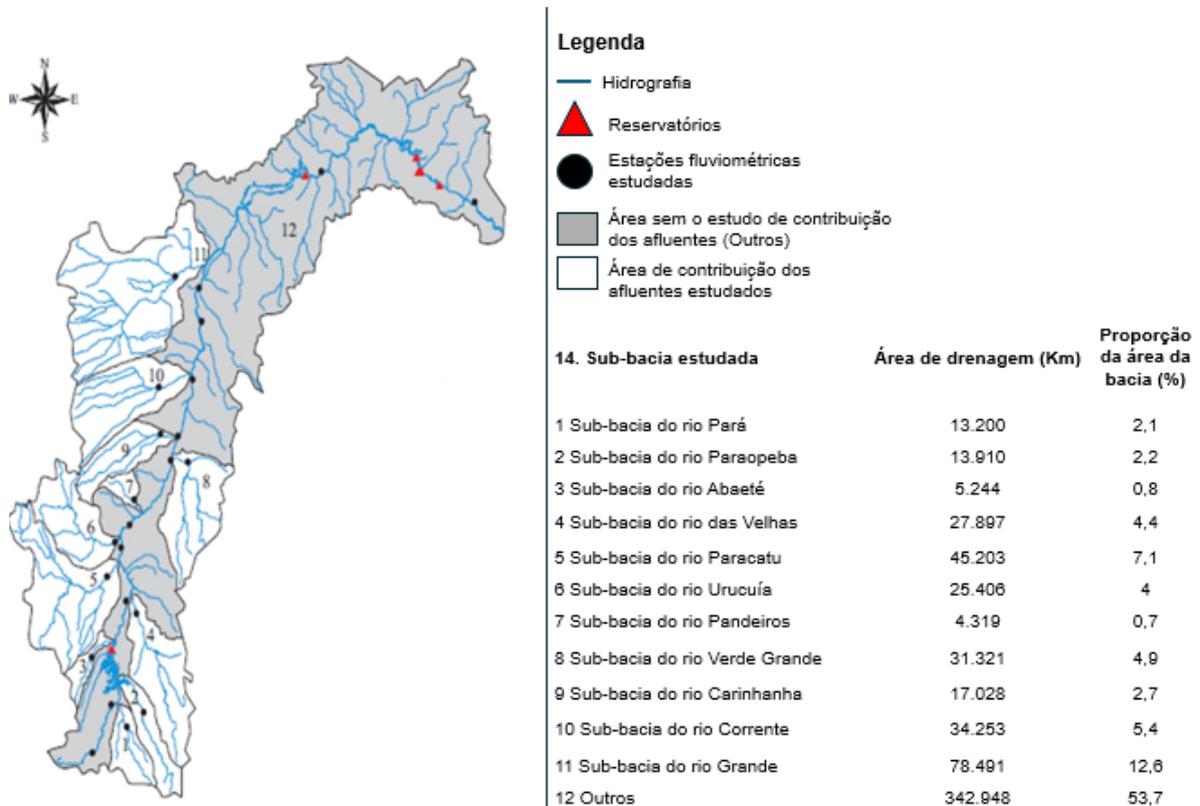
Fonte: Modificado de (RIBEIRO; CARVALHO; HORN & TRINDADE, 2020).

A cobertura vegetal é representada por Áreas de Tensão Ecológica de Floresta/Savana e de Floresta/Savana Estépica. Os processos dominantes nas vertentes são decorrentes do escoamento superficial semiconcentrado que ocasiona o aparecimento de sulcos, da infiltração das águas nas áreas arenosas e da dissolução das rochas carbonatadas, com acumulação de material argiloso nas depressões (SÁ; *et. al.*, 2011).

Rochas carbonatadas são rochas que favorecem a formação de cavernas a partir da percolação de água na rocha carbonática. O relevo formado em áreas de rochas carbonáticas é nomeado de Carste ou relevo cárstico. Na Bacia do São Francisco são encontradas várias regiões cársticas, destacando-se o Grupo Bambuí e a Região do Quadrilátero Ferrífero (CAVALCANTI; *et. al.*, 2011).

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco apresenta padrão de drenagem dendrítico, constatado a partir do estudo da geomorfologia. O padrão dendrítico se caracteriza desta forma, pois se ramifica como uma árvore. Nesta analogia, o canal principal corresponde ao tronco da árvore e seus tributários se assemelham aos ramos irregulares da árvore (JESUS, 2021), (Figura 4).

Figura 4 - Bacia do Rio São Francisco e Afluentes.



Fonte: Modificado de (PEREIRA; *et. al.*, 2007).

2.1.3. Governança

O conceito de governança é utilizado por diferentes áreas do conhecimento, principalmente, a Sociologia, a Política, a Administração, a Economia e a Geografia, nem sempre com o mesmo sentido, tal termo, significa segundo (JESSOP, 1998 *apud* RODORFF; *et. al.*, 2015) um esforço para pensar formas de coordenação da ação coletiva como alternativa às leis do mercado e da hierarquia política convencional. O conceito surge no mundo empresarial, introduzido por Ronald Coase, em 1937, quando publicou um artigo intitulado *The Nature of the Firm*, e foi importado para discussões sobre poder e organizações (RODORFF; *et. al.*, 2015) e (DALLABRIDA, 2011).

A Governança Territorial, é um conceito ressaltado pelas Ciências Humanas, principalmente a Geografia e a Política (DALLABRIDA, 2011), e considera a bacia hidrográfica como um território, no sentido de ser uma parcela de terra definida por conformação físico-natural (DALLABRIDA, 2011). Tal tipo de governança acontece a

partir de iniciativas ou ações de diferentes agentes, nas instituições, incluindo o Estado, e organizações da sociedade civil por redes de poder sócio territorial (DALLABRIDA; BECKER, 2003 *apud* RODORFF; *et. al.*, 2015) e (DALLABRIDA, 2011). Resultando assim do conteúdo e dos processos vinculados aos interesses, bem como os usos múltiplos dos recursos hídricos da bacia, na perspectiva geossistêmica (RODORFF; *et. al.*, 2015). Sendo esse tipo de governança indispensável para o desenvolvimento do território (DALLABRIDA, 2011).

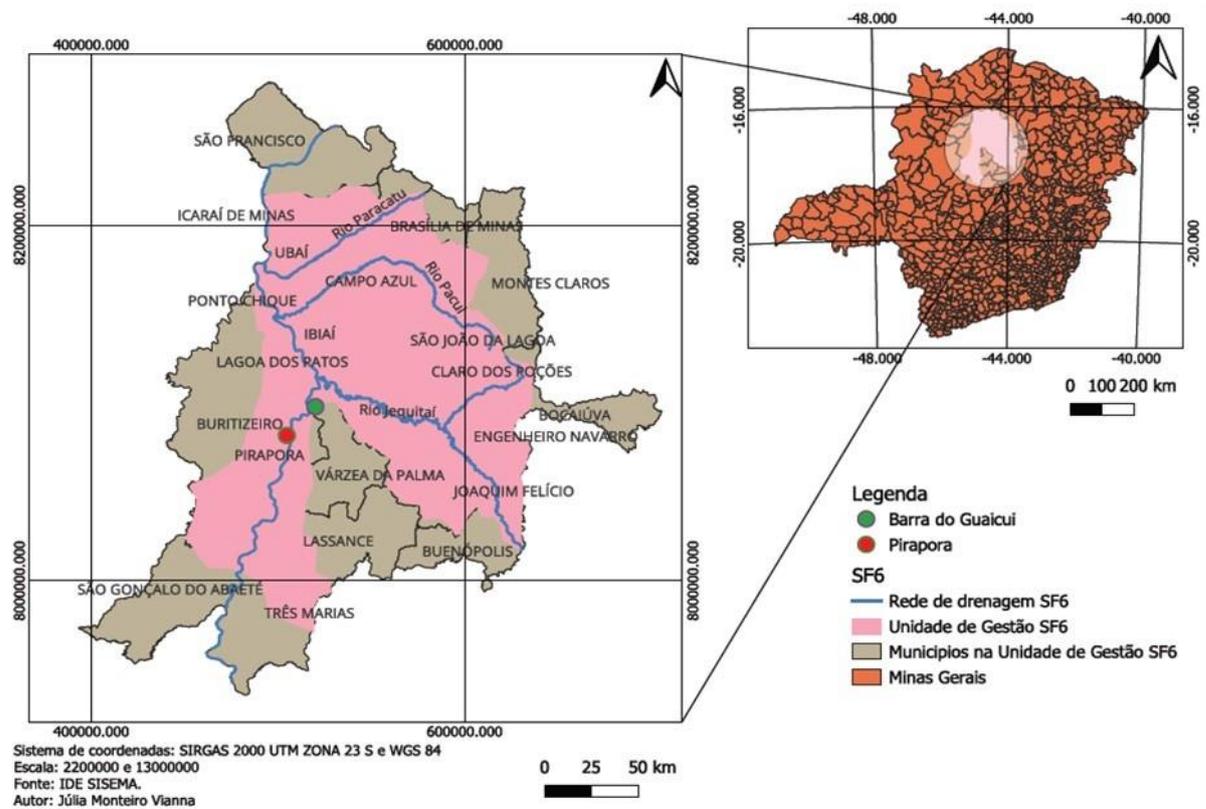
No cenário de Governança da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, é marcado por desafios de déficit hídrico, por se tratar de uma região semiárida e pelas diversas condições socioeconômicas ao longo da bacia. Além do mais levando em consideração o contexto de mudanças globais tanto climáticas como socioeconômicas, que resultam em novos desafios para a gestão da bacia hidrográfica (PAHL-WOSTL *et. al.*, 2008 *apud* RODORFF; *et. al.*, 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização Metodológica

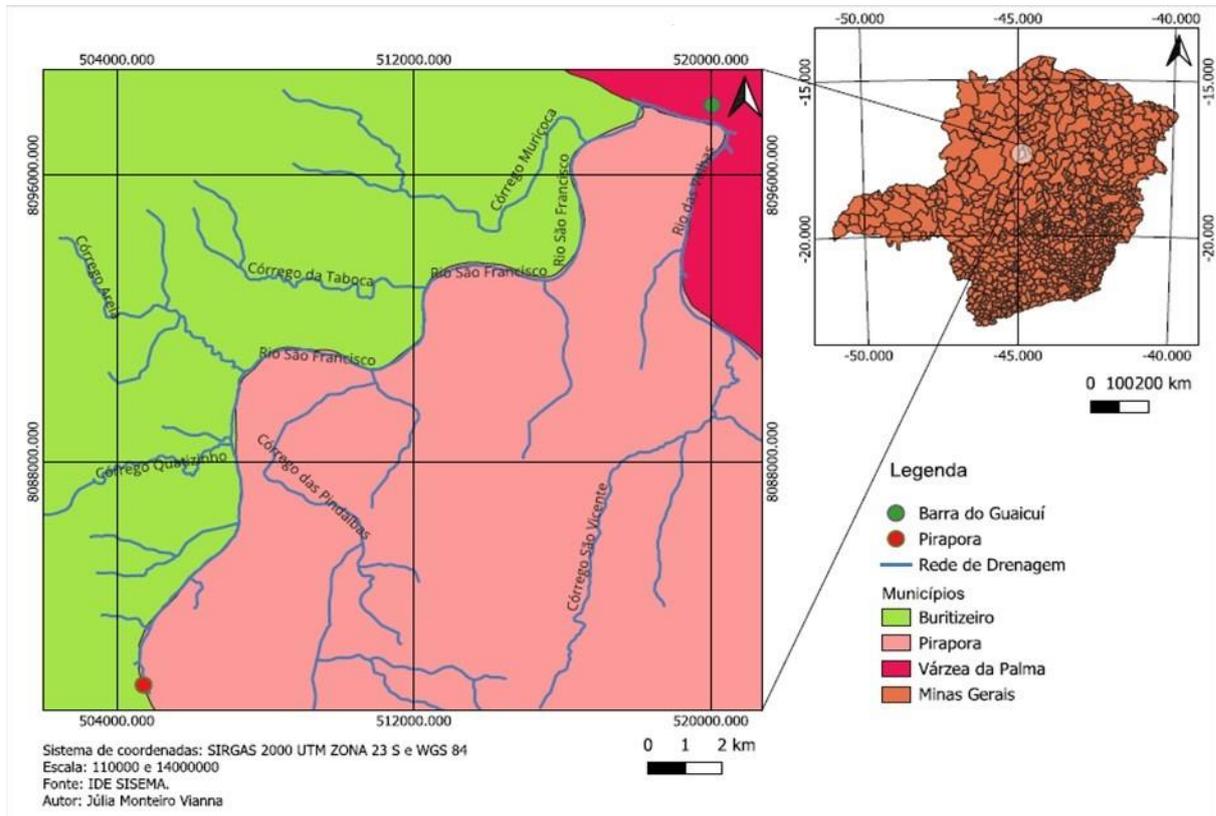
A área de estudo situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, na Unidade de gestão São Francisco 6 (SF6), (Figura 5), no Rio São Francisco entre os municípios de Pirapora e Barra do Guaicuí, (Figura 6).

Figura 5 – Unidade de gestão SF6.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 – Mapa de localização do Rio São Francisco em estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este trabalho de tem como objetivo geral realizar um diagnóstico ambiental do trecho do Rio São Francisco entre Pirapora e Barra do Guaiçuí, tendo como objetivos específicos descrever a Geologia local, realizar uma análise geomorfológica, realizar a análise de imagens de satélite, analisar o balanço hídrico dos anos de (2021, 2022 e 2023), definir os possíveis impactos ambientais e apontar medidas mitigadoras para tais impactos. A justificativa para a realização dessa pesquisa se deve a importância do diagnóstico dos possíveis impactos ambientais, que porventura possam estar ocorrendo nesse trecho do Rio São Francisco, dada a relevância socioeconômica do Rio para a região estudada.

A pesquisa descritiva foi o método empregado, por meio da realização de revisão bibliográfica dos conteúdos pertinentes; da análise das imagens de satélite do Google Earth e o geoprocessamento no QGis das imagens obtidas com a descrição geomorfológica do Rio São Francisco e para caracterização dos impactos ambientais e posterior diagnóstico ambiental do trecho do Rio São Francisco supracitado.

Para a realização do diagnóstico ambiental foi realizada a análise das imagens de satélite oriundas do software Google Earth, avaliando os impactos ambientais ao longo do trecho em estudo; o geoprocessamento dos dados obtidos a partir das imagens de satélite no software Qgis; análise do balanço hídrico do Rio, com os dados do INMET dos anos de 2021 a 2023, ao termo final foram construídos mapas, gráficos e quadros na forma de produto acadêmico, com o reconhecimento dos impactos ambientais encontrados e a definição das medidas mitigadoras e medidas corretivas convenientes ao caso.

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1 Balanço Hídrico e Climatológico

O clima predominante no trecho estudado é subúmido a semiárido, caracterizado por chuvas anuais entre 750 mm a 1.050 mm, concentradas durante o verão, e temperaturas médias anuais entre 21° e 25 °C (SÁ; *et. al.*, 2011).

Os dados de balanço hídrico foram coletados na base do INMET, 2021 a 2023 na Estação Meteorológica de Pirapora-MG, baseado nesses dados tem-se precipitação, pluviosidade, temperatura, incidência solar, ventos e evapotranspiração.

O seguinte Balanço Hídrico foi calculado na escala de tempo de 3 anos acima mencionado, portanto os dados de precipitação são condizentes com a totalização de 1.095 dias, perfazendo as somas e as médias dos dados.

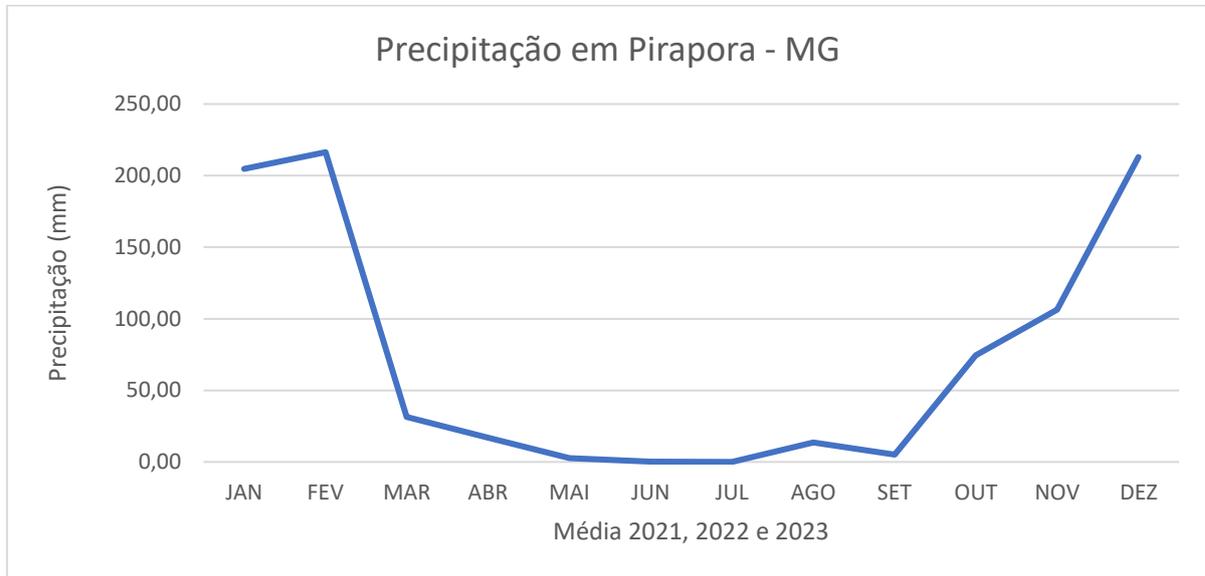
4.1.1. Pluviosidade

A Precipitação em Pirapora tem mínima de 0 mm, média de 125 mm e máxima de 250 mm. A estação de maior precipitação vai do início de novembro a meados de março e a estação de menor precipitação vai de meados março ao início de novembro, de acordo com INMET, 2021 a 2023.

Nos anos de 2021 a 2023, o resultado encontrado pelas análises dos dados de balanço hídrico do INMET, utilizados nesse estudo foi que a precipitação aumentou de janeiro a fevereiro, foi máxima em fevereiro, ocorreu uma queda de fevereiro para

março, de março a meados de novembro a precipitação foi de média a mínima e de meados de novembro a dezembro ocorreu um aumento na precipitação, (Figura 7).

Figura 7 - Precipitação Média em Pirapora - MG, 2021-2023.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

A partir dos dados recolhidos pelo INMET, se observa a precipitação em Pirapora. Os gráficos foram elaborados de acordo com os dados do INMET, nos anos de 2021 a 2023, assim sendo.

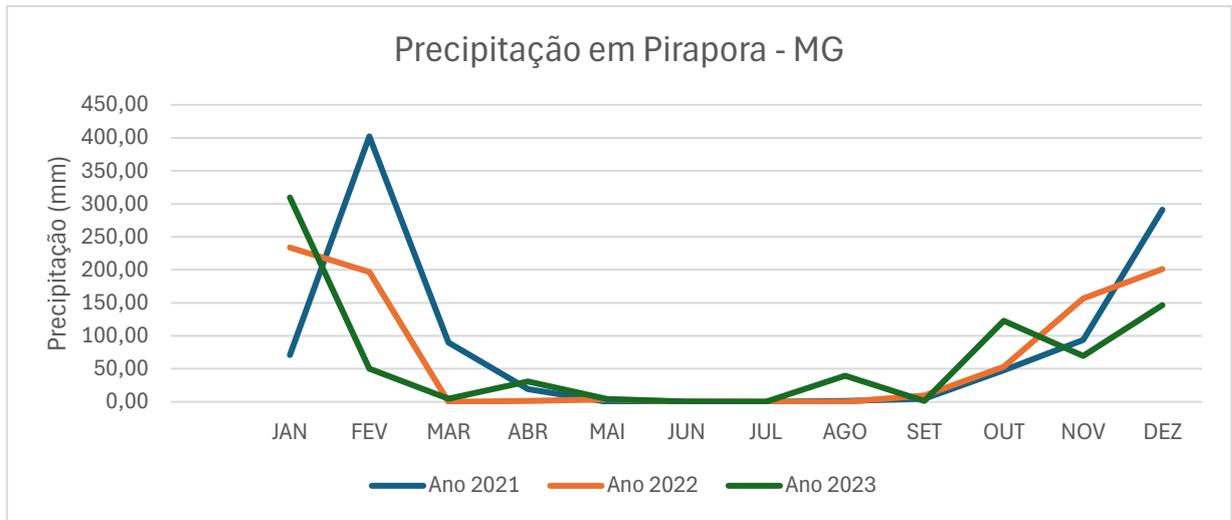
De acordo com os dados do INMET, 2021, teve precipitação mínima de 0 mm, média de 200 mm e máxima de 400 mm. Sendo que a estação mais chuvosa é de novembro a março e a estação menos chuvosa é de março a novembro.

De acordo com os dados do INMET, 2022 observou-se a seguinte variação de precipitação mínima de 0 mm, média de 125 mm e máxima de 250 mm. A estação mais chuvosa é de meados de outubro a meados de fevereiro e a estação menos chuvosa é de meados de meados de fevereiro a meados de outubro.

De acordo com os dados do INMET, 2023 a precipitação foi da ordem de mínima de 0 mm, média de 175 mm e máxima de 350 mm. Com a ocorrência de uma estação chuvosa de janeiro a fevereiro e de fevereiro a dezembro foi estação seca.

Todos os anos podem ser observados na (Figura 8).

Figura 8 - Precipitação em Pirapora - MG, por ano.

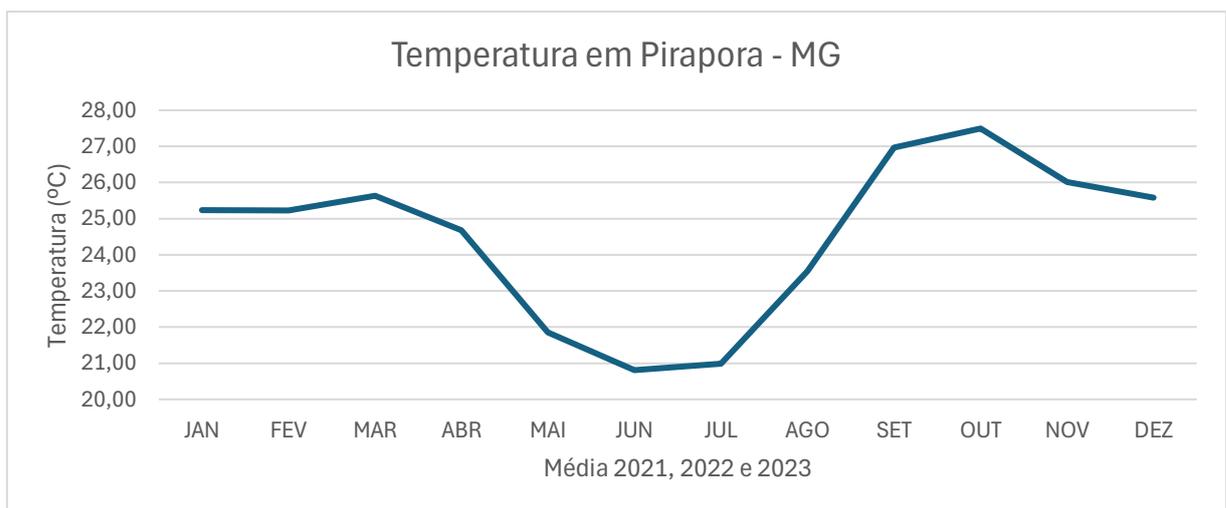


Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

4.1.2. Temperatura

A Temperatura em Pirapora tem mínima de 20,9° C, média de 25° C e máxima de 27,5° C, (Figura 9), porém a estação mais quente é de agosto a abril e a estação mais fria é de abril a agosto, conforme INMET, 2021 a 2023.

Figura 9 - Temperatura em Pirapora - MG, 2021-2023.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

De acordo com os dados do INMET, 2021, a temperatura mínima foi em torno de 21°C, a temperatura média foi de 25°C e temperatura máxima foi de 29° C, janeiro foi um mês quente a temperatura começou a baixar de janeiro para fevereiro

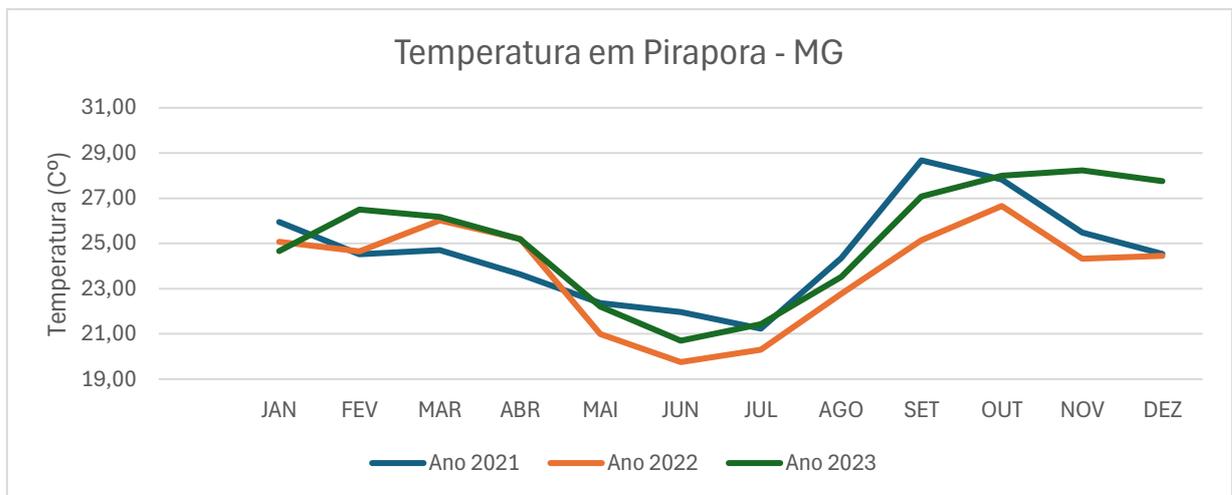
continuado baixa até agosto, de agosto até novembro a temperatura aumentou e de novembro a dezembro a temperatura caiu.

De acordo com os dados do INMET, 2022, registrou-se em Pirapora dois períodos de temperatura alta, o primeiro período que foi de janeiro a maio e o segundo período de alta temperatura é de agosto a dezembro; o período de baixa temperatura, que foi de maio a julho. As temperaturas aferidas foram: temperatura mínima de 19° Celsius, temperatura média 22,5° Celsius e temperatura máxima de 26°.

De acordo com os dados do INMET, em 2023, em Pirapora, as temperaturas foram acima da média de janeiro a abril, de abril a meados de setembro a temperatura foi abaixo da média e de meados de setembro até dezembro as temperaturas foram acima da média. A temperatura mínima foi de 21° Celsius, a temperatura média foi de 25° Celsius e a temperatura máxima nesse ano foi de 29° Celsius.

Todos os anos podem ser observados na (Figura 9).

Figura 10 - Temperatura em Pirapora - MG, por ano.

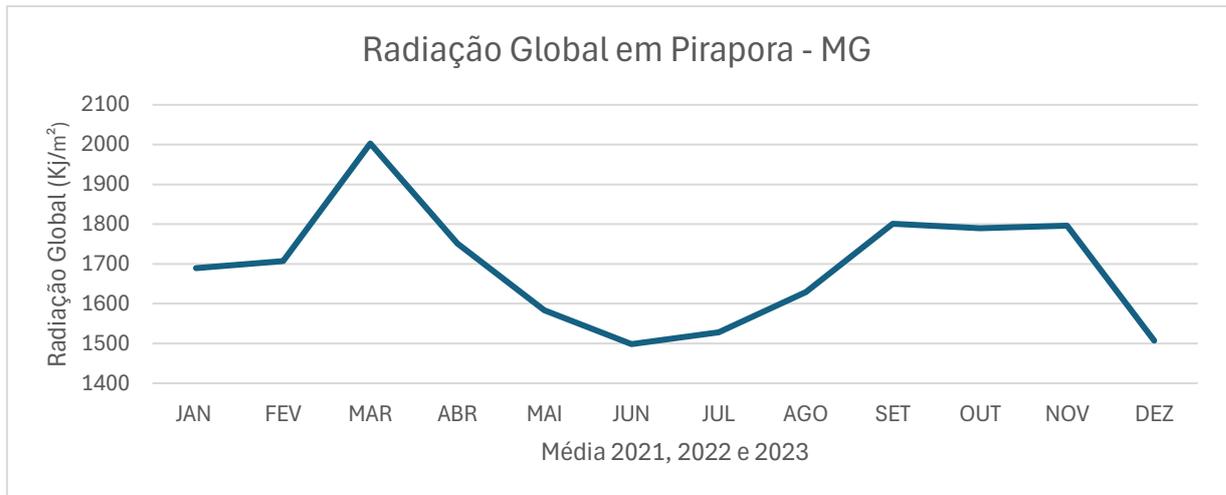


Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

4.1.3. Radiação Global

Em Pirapora, no intervalo entre os anos de 2021 a 2023, a radiação global foi baixa de abril a agosto com valores mínimos de 1500 KJ/m² valores médios de 1750 KJ/m² e valores máximos de 2000 KJ/m², período de menos radiação e de agosto a abril a radiação global foi alta, período de mais radiação, (INMET, 2021 a 2023), (Figura 11).

Figura 11 – Radiação Global em Pirapora - MG, 2021-2023.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

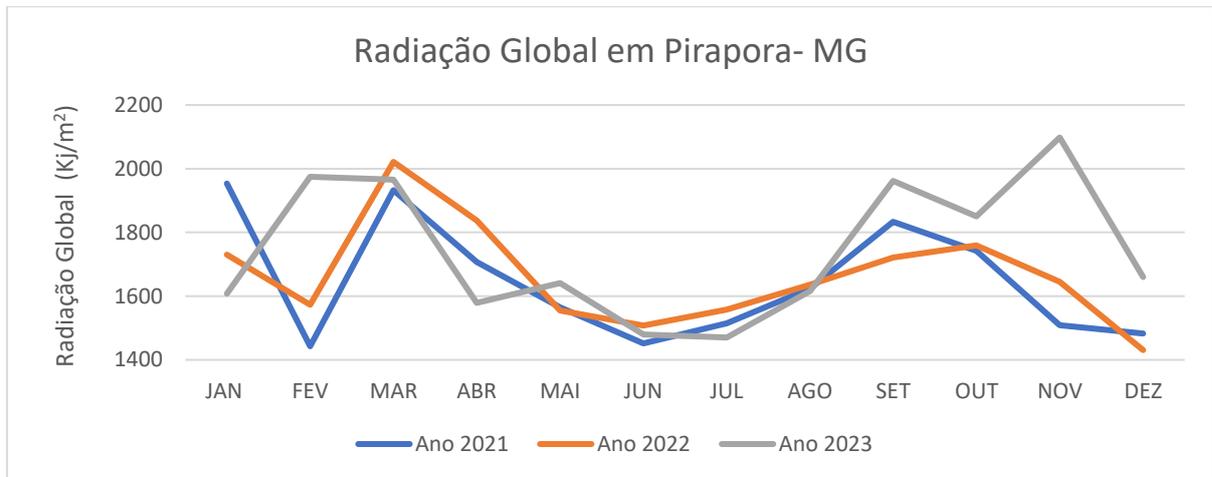
De posse dos dados do INMET foi possível verificar que, em 2021, 1500 Kj/m^2 valores médios de 1750 Kj/m^2 e valores máximos de 2000 Kj/m^2 , janeiro foi um mês e alta radiação global, em fevereiro ocorreu uma queda na radiação global, de março a abril ocorreu um aumento na radiação global, de abril a agosto ocorreu uma queda na radiação global, de agosto a meados de outubro ocorreu um aumento da radiação global, e de meados de outubro a novembro ocorreu uma redução da radiação global.

Os dados relativos ao ano de 2022, indicam que, 1500 Kj/m^2 valores médios de 1750 Kj/m^2 e valores máximos de 2000 Kj/m^2 , a radiação global em janeiro permaneceu na média, em fevereiro foi baixa, que nem no ano anterior, de meados de fevereiro a meados de março ocorreu um aumento na radiação global, de meados de março a dezembro a radiação global foi de baixa a média.

Em 2023, os dados do INMET permitem observar que, 1500 Kj/m^2 valores médios de 1750 Kj/m^2 e valores máximos de 2100 Kj/m^2 , ocorreu uma inversão na Radiação Global anual em relação aos anos anteriores. Durante o início do mês de janeiro a radiação foi baixa, no período compreendido entre meados do mês de janeiro até meados do mês de março ocorreu um aumento da Radiação Global. De meados do mês de março a meados do mês de agosto a Radiação Global diminuiu em relação aos meses anteriores e de meados de agosto a setembro a Radiação sofreu um aumento com pico, entre setembro e outubro variou para baixo, alcançando seu maior valor durante novembro e retornando ao declínio de novembro a dezembro

Todos os anos podem ser observados na (Figura 12).

Figura 12 – Radiação Global em Pirapora - MG, por ano.



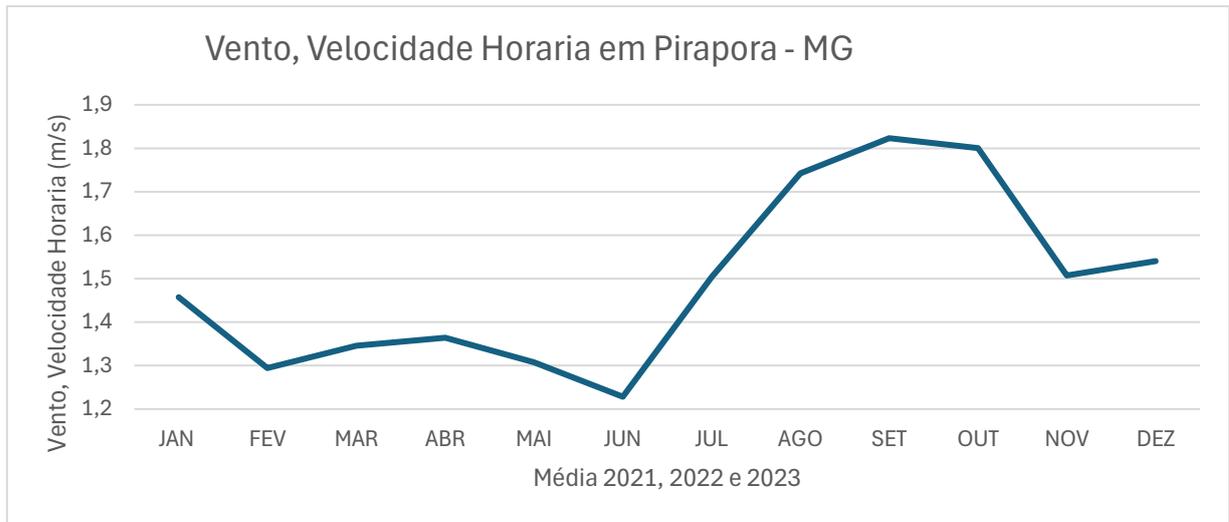
Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

4.1.4. Ventos

A direção predominante dos ventos de Nordeste (NE). Ventos de Sul (S) e Sudeste (SW) também são comuns, respectivamente a 14,31. A velocidade do vento nos últimos 53 anos varia entre 1,99 m/s, seguida pela classe entre 2 - 2,99 m/s. A relação direção e maiores velocidades indicam maior potencial de dispersão de poluentes (RIBEIRO; *et. al.*, 2020).

Nos anos de 2021 a 2023, em Pirapora o comportamento da velocidade do vento oscilou da seguinte forma: a velocidade mínima do vento foi de 1,3 m/s, a velocidade média do vento foi de 1,5 m/s, a velocidade máxima do vento foi de 1,9 m/s, baixa velocidade de janeiro a junho, período de menos frequência de ventos e de junho a dezembro a velocidade dos ventos aumenta, pois é um período de mais ventos, de acordo com os dados do INMET, 2021 a 2023, (Figura 13).

Figura 13 – Vento, Velocidade Horária em Pirapora - MG, 2021-2023.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

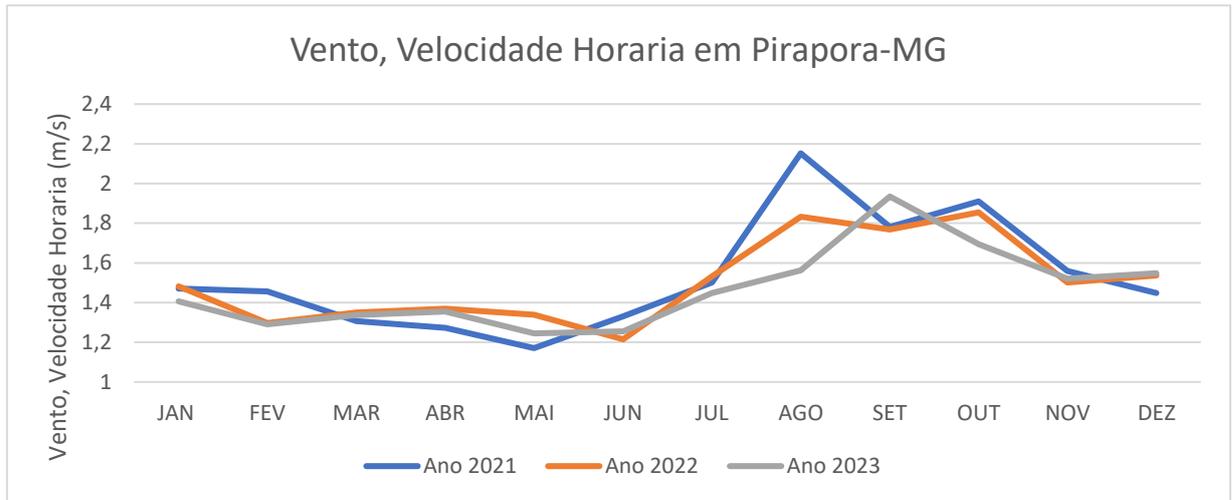
De acordo com os dados fornecidos pelo INMET, 2021, a velocidade horária dos ventos, em Pirapora, a velocidade mínima do vento foi de 1,3 m/s, a velocidade média do vento foi de 1,6 m/s, a velocidade máxima do vento foi de 2,1 m/s, foi de baixa a média entre os meses de janeiro a julho e de média a alta entre os meses de julho a dezembro.

Os dados relativos ao ano de 2022, a velocidade mínima do vento foi de 1,4 m/s, a velocidade média do vento foi de 1,5 m/s, a velocidade máxima do vento foi de 1,9 m/s, demonstram que entre os meses de janeiro a julho a velocidade horária dos ventos foi de baixa a média e entre os meses de julho a dezembro a velocidade horária dos ventos foi de média a alta.

Sobre os dados do ano de 2023, a velocidade mínima do vento foi de 1,3 m/s, a velocidade média do vento foi de 1,5 m/s, a velocidade máxima do vento foi de 1,9 m/s, no período relativo aos meses de janeiro a julho a velocidade horária dos ventos foi de baixa a média já no intervalo entre julho a dezembro a velocidade horária dos ventos foi de média a baixa.

Todos os anos podem ser observados na (Figura 14).

Figura 14 – Vento, Velocidade Horária em Pirapora - MG, por ano.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

4.1.5. Evapotranspiração de Referência

Nos anos de 2021 a 2023, a evapotranspiração referência mínima de 80 mm, média de 130 mm e máxima de 180 mm, de janeiro a meados de julho a evapotranspiração foi mínima, de meados julho a meados de outubro a evapotranspiração sofreu um aumento e chegou no máximo em setembro e de meados de outubro para dezembro a evapotranspiração começou a baixar para a evapotranspiração mínima, (Figura 15).

Figura 15 – Evapotranspiração Referência em Pirapora - MG, 2021-2023.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

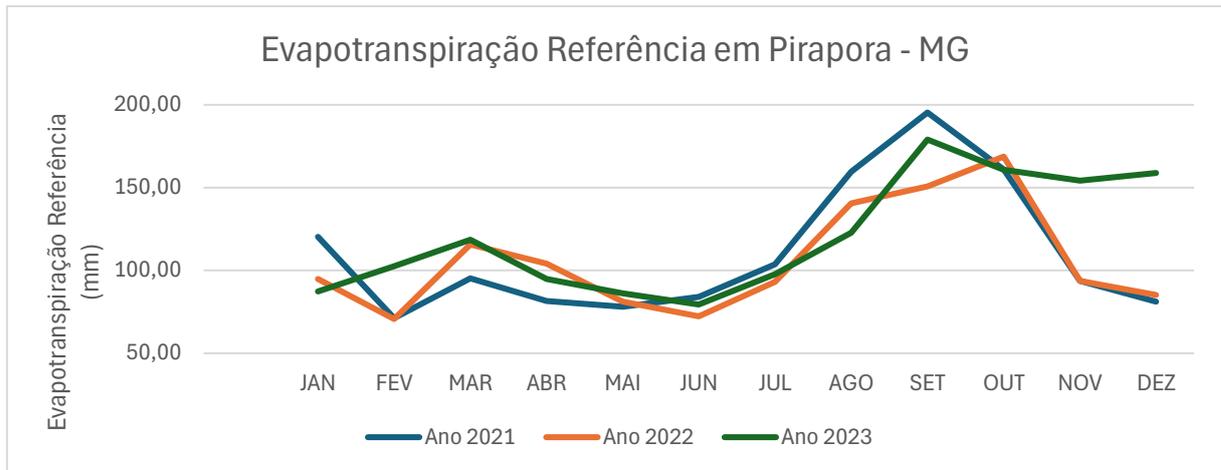
Os dados auferidos na estação de Pirapora do INMET permitem observar o comportamento da evapotranspiração mínima de 70 mm, média de 130 mm e máxima de 199 mm. No ano de 2021 do mês de janeiro a meados de julho a evapotranspiração foi de baixa a média, de meados de julho a meados de outubro, a evapotranspiração foi média a alta, atingindo o pico em setembro e de meados de outubro a dezembro a evapotranspiração foi de média a baixa.

Os dados, relativos ao ano de 2022, mínima de 70 mm, média de 120 mm e máxima de 170 mm, mostram que de janeiro a agosto a evapotranspiração foi de baixa a média, de agosto a meados de outubro a evapotranspiração foi média a alta e de meados de outubro a dezembro a evapotranspiração foi média a baixa.

Em 2023 o comportamento da evapotranspiração mínima de 80 mm, média de 130 mm e máxima de 180 mm, no mês de janeiro a meados de agosto foi de baixa a média e de meados de agosto a dezembro a evapotranspiração aumentou e manteve-se em um patamar mais ou menos constante.

Todos os anos podem ser observados na (Figura 16).

Figura 16 – Evapotranspiração Referência em Pirapora-MG, por ano.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

Nos anos de 2021 a 2023, o Balanço Hídrico demonstrou que, não houve uma escassez hídrica significativa, porque o armazenamento ficou constantemente positivo. A análise do gráfico permite constatar oscilações, há mês em que a evapotranspiração referência superou a precipitação e mesmo com isso se teve algum excedente hídrico (INMET, 2021 a 2023) como visto no Quadro 1. Sendo que PREC é precipitação, ETo é Evapotranspiração Referência, ARM é Armazenamento, ETR é Evapotranspiração Real, EXC é Excedente, DEF é Déficit, TEMP é Temperatura, NEG. AC. Negativo Acumulado, ALT que é Altura e CAD que é Capacidade de água disponível. O seguinte Balanço Hídrico foi calculado na escala de tempo de 3 anos, de 1 de janeiro de 2021 a 31 de dezembro de 2023, respectivamente 2021, 2022, e 2023, por isso os dados do Quadro 1 são condizentes com esse tempo de 1.095 dias, as somas e as médias dos dados, (Quadro 1).

Quadro 1 – Balanço Hídrico da Estação Meteorológica de Pirapora-MG, 2021-2023.

Anos 2021, 2022 e 2023, 1095 dias								CAD = 100	
Mês	PREC	ET _o	PREC-ET _o	NEG. AC.	ARM	ALT	ETR	EXC	DEF
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	614,43	302,31	312,12	0	100	100,00	302,31	212,12	0,00
FEV	649,15	244,43	404,72	0	100	100,00	244,43	304,72	0,00
MAR	94,60	329,45	-234,85	-234,85	9,55	-234,85	329,45	0,00	0,00
ABR	51,00	280,42	-229,42	-464,27	0,96	-464,27	515,27	0,00	-234,85
MAI	7,80	245,33	-237,53	-701,80	0,09	-701,80	709,60	0,00	-464,27
JUN	0,40	235,90	-235,50	-937,30	0,01	-937,30	937,70	0,00	-701,80
JUL	0,00	294,39	-294,39	-1231,69	0,00	-1231,69	1231,69	0,00	-937,30
AGO	40,67	422,87	-382,20	-1613,89	0,00	-1613,89	1654,56	0,00	-1231,69
SET	15,06	525,11	-510,04	-2123,93	0,00	-2123,93	2139,00	0,00	-1613,89
OUT	223,41	490,55	-267,14	-2391,07	0,00	-2391,07	2614,48	0,00	-2123,93
NOV	319,42	341,71	-22,29	-2413,36	0,00	-2413,36	2732,78	0,00	-2391,07
DEZ	638,70	325,07	313,63	0	100	100,00	325,07	213,63	0,00
Total	2654,65	4037,53					13736,35	730,47	-9698,81

Fonte: Sendo que PREC é precipitação, ET_o é Evapotranspiração Referência, ARM é Armazenamento, ETR é Evapotranspiração Real, EXC é Excedente, DEF é Déficit, TEMP é Temperatura, NEG. AC. Negativo Acumulado, ALT que é Altura e CAD que é Capacidade de água disponível. Elaborado pelo autor com dados do INMET, 2021 a 2023.

No ano de 2021, em relação ao Balanço Hídrico: nesse ano não houve uma escassez hídrica significativa, porque o armazenamento ficou constantemente positivo, como verifica-se no gráfico, há mês em que a evapotranspiração superou a precipitação e por isso existem alguns valores negativos, e mesmo com esses valores negativos ocorreu um excedente hídrico (INMET, 2021). Ano de 2021, condizente com o tempo de 365 dias, as somas e as médias dos dados, (Quadro 2).

Quadro 2 - Balanço Hídrico da Estação Meteorológica de Pirapora-MG, ano de 2021.

Ano 2021, 365 dias								CAD = 100	
Mês	PREC	ET _o	PREC-ET _o	NEG. AC.	ARM	ALT	ETR	EXC	DEF
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	71,04	120,21	-49,17	-49,17	61,16	-49,17	120,21	0	0,00
FEV	402,20	71,21	330,99	0,00	100,00	100,00	71,21	230,99	0,00
MAR	90	95,22	-5,22	-5,22	94,91	-5,22	95,22	0	0,00
ABR	19,20	81,50	-62,30	-67,52	50,90	-67,52	86,72	0	-5,22
MAI	0,00	78,04	-78,04	-145,56	23,33	-145,56	145,56	0	-67,52
JUN	0,00	84,09	-84,09	-229,65	10,06	-229,65	229,65	0	-145,56
JUL	0,00	103,63	-103,63	-333,28	3,57	-333,28	333,28	0	-229,65
AGO	1,07	159,67	-158,60	-491,87	0,73	-491,87	492,95	0	-333,28
SET	4,46	195,37	-190,91	-682,79	0,11	-682,79	687,25	0	-491,87
OUT	47,85	161,07	-113,22	-796,01	0,03	-796,01	843,85	0	-682,79
NOV	93,51	93,70	-0,19	-796,19	0,03	-796,19	889,71	0,0	-796,01
DEZ	290,87	81,09	209,78	0,00	100,00	100,00	81,09	109,8	0,00
Total	1020,21	1324,80					4076,71	340,8	-2751,90

Fonte: Sendo que PREC é precipitação, ET_o é Evapotranspiração Referência, ARM é Armazenamento, ETR é Evapotranspiração Real, EXC é Excedente, DEF é Déficit, TEMP é Temperatura, NEG. AC. Negativo Acumulado, ALT que é Altura e CAD que é Capacidade de água disponível. Elaborado pelo autor baseado em INMET, 2021.

No ano de 2022, o Balanço Hídrico não apresentou uma escassez hídrica significativa, devido ao armazenamento, que ficou constantemente positivo, como é verificável no gráfico há mês que a evapotranspiração referência superou a precipitação, houve a ocorrência de excedente hídrico (INMET, 2022). Ano de 2022, condizente com o tempo de 365 dias, as somas e as médias dos dados, (Quadro 3).

Quadro 3 - Balanço Hídrico da Estação Meteorológica de Pirapora-MG ano de 2022.

Mês	Ano 2022, 365 dias							CAD = 100	
	PREC mm	ETo mm	PREC- ETo mm	NEG. AC. mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	EXC mm	DEF mm
JAN	233,76	94,8	138,9	0,0	100,0	100,0	94,8	38,9	0,0
FEV	197,0	70,7	126,3	0,0	100,0	100,0	70,7	26,3	0,0
MAR	0,00	115,6	-115,6	-115,6	31,5	-115,6	115,6	0,0	0,0
ABR	1,20	104,1	-102,9	-218,5	11,2	-218,5	219,7	0,0	-115,6
MAI	3,80	81,2	-77,4	-295,9	5,2	-295,9	299,7	0,0	-218,5
JUN	0,00	72,4	-72,4	-368,3	2,5	-368,3	368,3	0,0	-295,9
JUL	0,00	93,0	-93,0	-461,3	1,0	-461,3	461,3	0,0	-368,3
AGO	0,00	140,5	-140,5	-601,8	0,2	-601,8	601,8	0,0	-461,3
SET	9,40	150,7	-141,3	-743,1	0,1	-743,1	752,5	0,0	-601,8
OUT	53,02	168,8	-115,7	-858,8	0,0	-858,8	911,8	0,0	-743,1
NOV	156,49	93,7	62,8	0,0	100,0	100,0	93,7	-37,2	0,0
DEZ	201,30	85,1	116,2	0,0	100,0	100,0	85,1	16,2	0,0
Total	855,96	1270,59					4075,10	44,19	-2804,51

Fonte: Sendo que PREC é precipitação, ETo é Evapotranspiração Referência, ARM é Armazenamento, ETR é Evapotranspiração Real, EXC é Excedente, DEF é Déficit, TEMP é Temperatura, NEG. AC. Negativo Acumulado, ALT que é Altura e CAD que é Capacidade de água disponível. Elaborado pelo autor baseado em INMET, 2022.

No ano de 2023, o Balanço Hídrico não apresentou uma escassez hídrica significativa, dado que o armazenamento permaneceu constantemente positivo, como observa-se no gráfico há mês em que a evapotranspiração referência superou a precipitação e foi constatado excedente hídrico (INMET, 2023). Ano de 2021, condizente com o tempo de 365 dias, as somas e as médias dos dados, (Quadro 4).

Quadro 4 - Balanço Hídrico da Estação Meteorológica de Pirapora-MG ano de 2023.

Ano 2023, 365 dias								CAD = 100	
Mês	PREC	ET _o	PREC-ET _o	NEG. AC.	ARM	ALT	ETR	EXC	DEF
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
JAN	309,63	87,27	222,36	0	100	100	87,27	122,36	0
FEV	49,95	102,56	-52,61	-52,61	59,09	-52,61	102,56	0	0
MAR	4,60	118,59	-113,99	-166,60	18,90	-166,60	171,20	0	-52,61
ABR	30,60	94,85	-64,25	-230,85	9,94	-230,85	261,45	0	-166,60
MAI	4,00	86,09	-82,09	-312,94	4,37	-312,94	316,94	0	-230,85
JUN	0,40	79,44	-79,04	-391,98	1,98	-391,98	392,38	0	-312,94
JUL	0,00	97,72	-97,72	-489,71	0,75	-489,71	489,71	0	-391,98
AGO	39,60	122,74	-83,14	-572,84	0,33	-572,84	612,44	0	-489,71
SET	1,20	179,04	-177,84	-750,69	0,05	-750,69	751,89	0	-572,84
OUT	122,54	160,72	-38,18	-788,86	0,04	-788,86	911,40	0	-750,69
NOV	69,42	154,29	-84,87	-873,73	0,02	-873,73	943,15	0	-788,86
DEZ	146,53	158,84	-12,31	-886,03	0,01	-886,03	1032,56	0	-873,73
Total	778,47	1442,1					6072,94	122,36	-4630,80

Fonte: Sendo que PREC é precipitação, ET_o é Evapotranspiração Referência, ARM é Armazenamento, ETR é Evapotranspiração Real, EXC é Excedente, DEF é Déficit, TEMP é Temperatura, NEG. AC. Negativo Acumulado, ALT que é Altura e CAD que é Capacidade de água disponível. Elaborado pelo autor baseado em INMET, 2023.

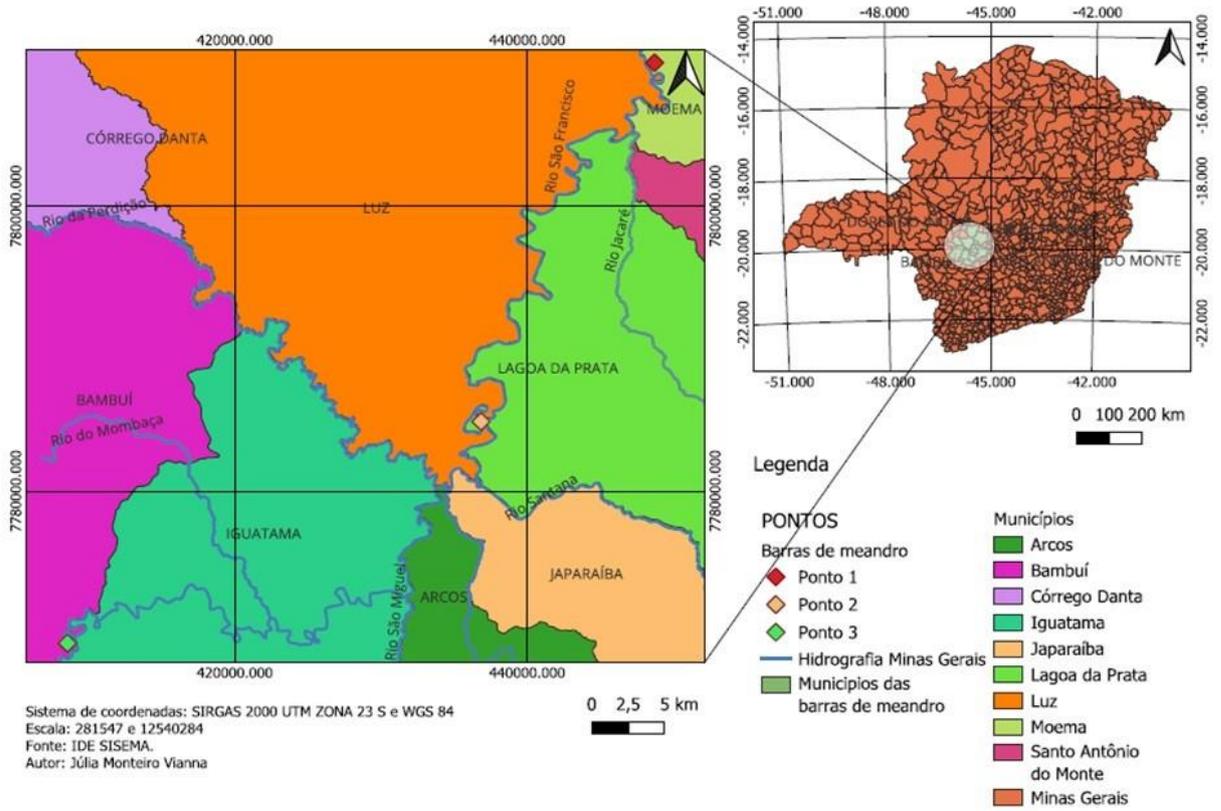
4.2. Descrição Geomorfológica do Rio São Francisco

Nesse trabalho foram analisados três pontos mais a jusante do trecho do Rio São Francisco em estudo, para descrever a geomorfologia do Rio São Francisco. O Rio São Francisco apresenta padrão de canal meandrante.⁴ No ponto 1 observa-se quatro barras de meandro abandonado⁵, no ponto 2 é possível ver uma barra de meandro abandonado e no ponto 3 verifica-se a presença de duas barras de meandro, o mapa seguinte foi elaborado com o intuito de resumir os pontos 1, 2 e 3, (Figura 17).

⁴ Canal meandrante: Canal sinuoso, normalmente único (FERNANDEZ; PEDROSA JUNIOR; PINHO, s.d.).

⁵ Meandro: Curva acentuada de um rio que corre em sua planície aluvial e que muda de forma e posição com as variações de maior ou menor energia e carga fluviais durante as várias estações do ano (WINGE, 2018).

Figura 17 - Barras de meandro no Rio São Francisco.

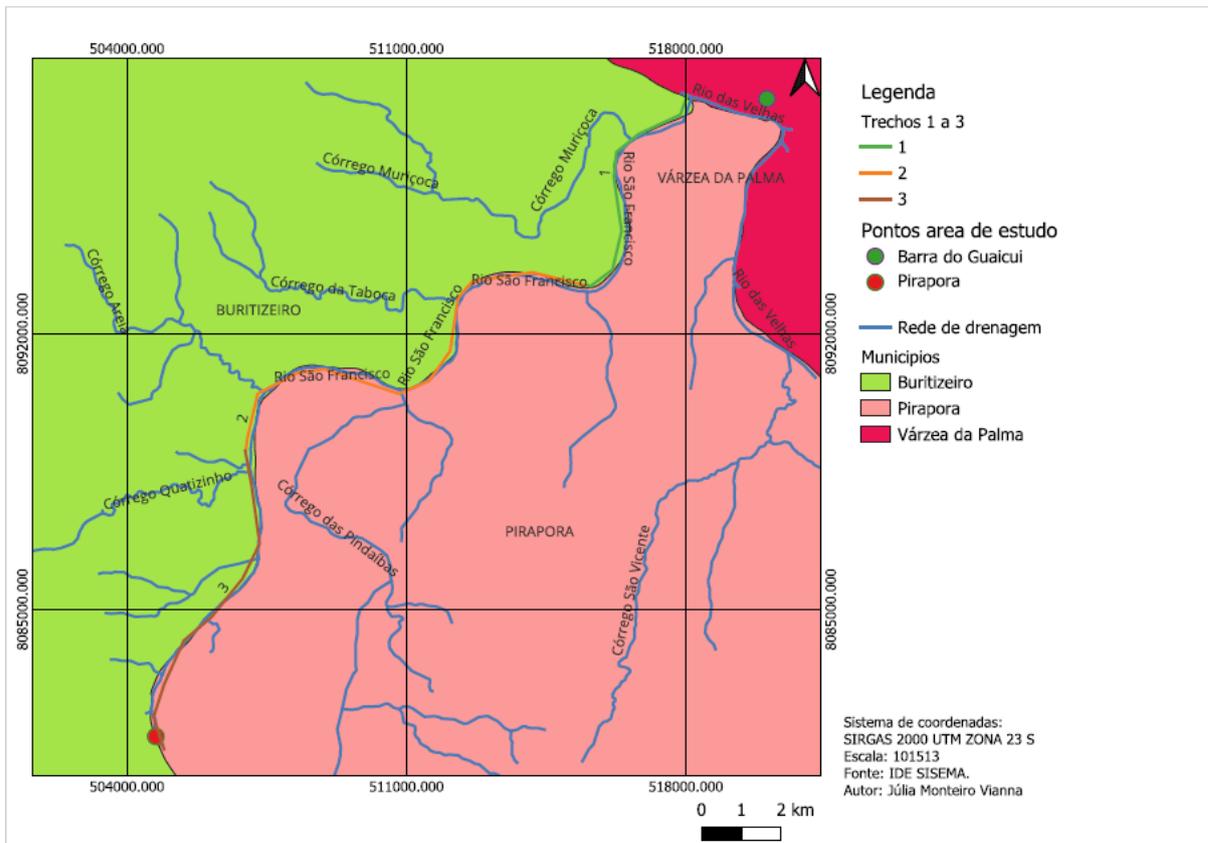


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3. Análise de Imagens de Satélite do trecho em estudo

O trecho do Rio São Francisco, em estudo, foi dividido em três trechos menores, (Figura 18): trecho 1, trecho 2 e trecho 3, estão situados nas coordenadas geográficas (517935.12 m E; 8098028.61 m S).

Figura 18 – Mapa dos trechos 1, 2 e 3 entre Barra do Guaiçuí e Pirapora.

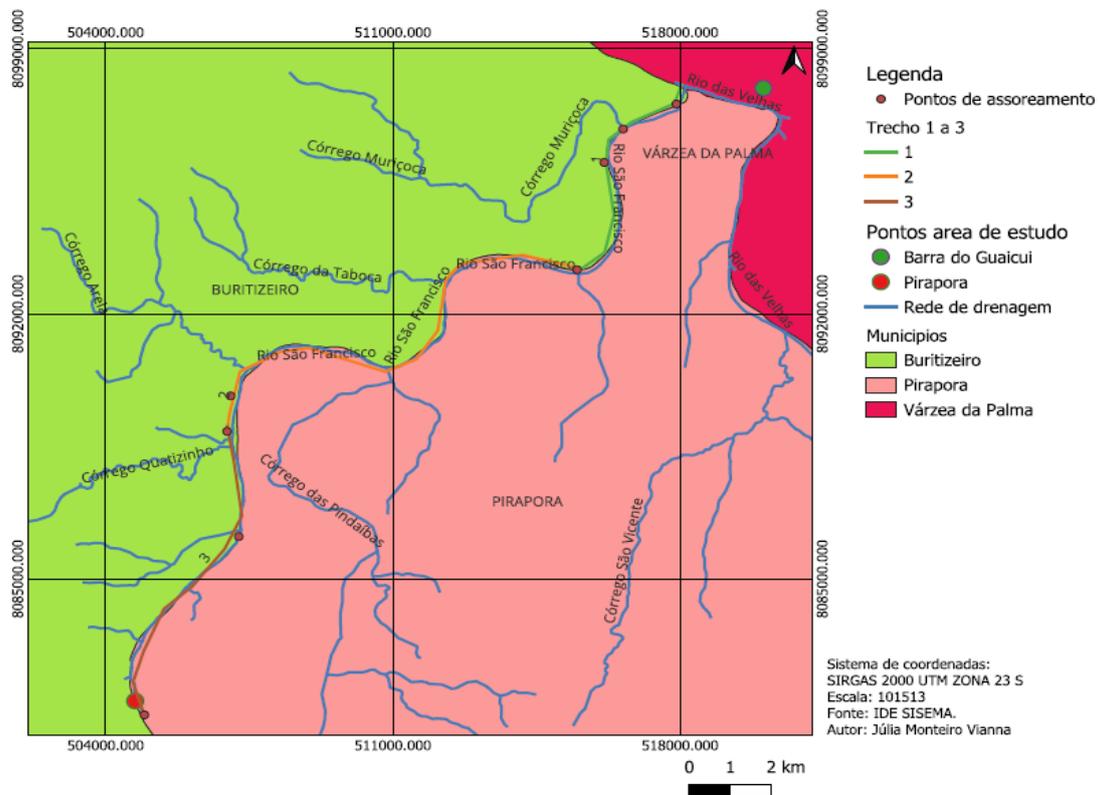


Fonte: Elaborado pelo autor.

O assoreamento está transformando o padrão do Rio para anastomosado, no trecho entre Pirapora e Barra do Guaiçuí. A ordem de classificação de curso de água na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no trecho estudado é de ordem 1.

É possível examinar os pontos de assoreamento em cada trecho 1, 2 e 3, dessa forma: no trecho 1 é possível ver quatro pontos de assoreamento, no trecho 2 tem um ponto de assoreamento e no trecho 3 tem três pontos de assoreamento, totalizando oito pontos de assoreamento, (Figura 19).

Figura 19 – Pontos de assoreamento do Rio São Francisco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre o assoreamento certifica-se que em Pirapora, a quantidade de sedimentos anotados pelo estudo da ANA equivale à capacidade de aproximadamente 593 mil caçambas, com disposição para 14 toneladas cada (SÁ; ALVARES; CUNHA, 2010 *apud* RIBEIRO; EMBRAPA, 2010); nas margens da represa de Três Marias ocorrem processos erosivos por pluviosidade (BRAZ; *et. al.*, 2017).

4.4. Impactos Ambientais

No trecho estudado foram identificados oito pontos de assoreamento, constatados pela análise do Balanço Hídrico e Climatológico, pois a precipitação foi grande e por esse motivo ocorreu um armazenamento positivo, consequentemente não acarretando um déficit hídrico.

O assoreamento é em processo inevitável (MIRANDA, *et. al.*, 2011), causado por atividades antrópicas, relacionado diretamente com o aumento do processo erosivo pluvial, por práticas agrícolas inadequadas, por precariedade na infraestrutura

de urbanização e por modificação de velocidade dos cursos d' água por barramentos, desvios, entre outros (INFANTI; FORNASARI, 1998 *apud* OLIVEIRA, 2018), o que causa a redução da calha do Rio São Francisco, diminuição de vazão, (SANTOS; ARAUJO, 2020) e (SÁ; ALVARES; CUNHA, 2010 *apud* RIBEIRO; EMBRAPA, 2010).

A situação do assoreamento acaba por favorecer as enchentes (OGURA *et. al.*, 1997 *apud* OLIVEIRA, 2018) e dificulta a navegabilidade, tanto para embarcações de pequeno e grande porte no Rio e conseqüentemente acarretando em danos sócio ambientais para pessoas e famílias que vivem da pesca ou então da piscicultura, pois os sedimentos acumulados diminuem a navegabilidade e a piscosidade (SILVA; *et.al.*, s.d.) e (SÁ; ALVARES; CUNHA, 2010 *apud* RIBEIRO & EMBRAPA, 2010). O assoreamento também causa eutrofização no corpo d'água, que é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, e conseqüente redução do oxigênio dissolvido, sendo uma causa de mortandade de peixes (THOMANN; MUELEER, 1987 *apud* VON SPERLING, 1996).

O assoreamento compromete a qualidade da água (SANTOS; ARAUJO, 2020) e (SÁ; ALVARES; CUNHA, 2010 *apud* RIBEIRO; EMBRAPA, 2010). Em adição, os resíduos sólidos e o esgoto também podem se depositar nos locais de assoreamento, podendo desencadear doenças, pois esse acúmulo de resíduos sólidos atrai vetores de doenças (SANTOS; ARAUJO, 2020). Além de gerar a perda da capacidade de armazenamento de água nos reservatórios hidrelétricos, com grandes custos ou até mesmo conseqüências irreversíveis às obras hidráulicas (MIRANDA, *et. al.*, 2011) e abastecimento público, por causa do incremento de poluentes químicos (OGURA *et. al.*, 1997 *apud* OLIVEIRA, 2018.). Também ocorre a limitação do fornecimento de água para as atividades de agricultura e pecuária, pois essas atividades são dependentes do abastecimento público, para a obtenção de água.

4.5. Medidas Mitigadoras

As medidas preventivas são empregadas para evitar a produção dos sedimentos e seu transporte até os cursos d'água, evitando a formação dos depósitos de sedimentos nos reservatórios (MIRANDA, et. al., 2011) são medidas mais eficazes e econômicas do que as medidas corretivas (CARVALHO, 2008 *apud* MIRANDA, et. al., 2011). Já as medidas corretivas têm como objetivo amenizar os efeitos causados pelos sedimentos já depositados no reservatório (MIRANDA, et. al., 2011), pois tal deposição gera prejuízos materiais e financeiros (MIRANDA, et. al., 2011).

As medidas preventivas e corretivas requerem estudos específicos, que considerem a dinâmica dos sedimentos, desde suas áreas fontes até os locais de deposição (POÇANO, et. al., 1981 *apud* MIRANDA, et. al., 2011).

Tais estudos específicos para medidas preventivas e corretivas, (Quadro 5), são chamados de:

Quadro 5 – Estudos para definição de medidas mitigadoras.

Estudos Específicos:	
Medidas Preventivas:	Medidas Corretivas:
<ul style="list-style-type: none"> - Programa de Gestão de Sedimentos; - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD; - Programa de Monitoramento da Morfologia, do regime de Produção de Sedimentos e do Assoreamento dos Cursos de Água 	<ul style="list-style-type: none"> - Plano de Compensação Ambiental e - Proposta a criação de Unidade de Conservação

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em (CASA GRANDE MINERAÇÃO, s.d.).

4.5.1. Medidas Preventivas

São consideradas medidas preventivas que irão evitar a deposição e o assoreamento: construção de pequenas barragens a montante, bacias de decantação e condutos para desvio de sedimentos (sediment bypassing) (CAMPOS; LANDGRAF, 2001 *apud* MIRANDA, et. al., 2011).

Outras medidas relativas as áreas subjacentes ao leito do rio consistem em intervenções nas atividades humanas e na atividade das intempéries. Como por exemplo:

A adoção de cultura em faixa, os sistemas de preparo e a rotação de culturas (MIRANDA, et. al., 2011), uso de forrageiras, terraceamento, cultivo de contorno e de curvas de nível (LOBATO, 2019) e (EMBRAPA, 2018).

Controle de voçorocas (MIRANDA, et. al., 2011), controle da erosão da bacia hidrográfica (MULLER, 1995 *apud* MIRANDA, et. al., 2011), medidas para proteção, tratamento e conservação dos solos da bacia hidrográfica CHOW (in GOTTSCHALK, 1964 *apud* MIRANDA, et. al., 2011).

Reflorestamento (GUERRA, 1994 *apud* MIRANDA, et. al., 2011), pois a manutenção das florestas, o reflorestamento, a conservação e a reconstituição de matas ciliares nas margens dos reservatórios, criação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) (CASTRO; MELLO; POESTER, 2007), destacam-se como importantes ações preventivas a produção, o transporte e ao depósito de sedimentos (MIRANDA, et. al., 2011) e BLACKWELDER (in GOLDSMITH; HILDYARD, 1984 *apud* MIRANDA, et. al., 2011).

4.5.2. Medidas Corretivas

As medidas corretivas visam a recuperação das áreas degradadas, por meio de atividades consistem em remediar os impactos ambientais sofridos, ocasionando a reparação necessária. As medidas que podem ser promovidas são:

Reformas nas estruturas hidráulicas das barragens das Usinas Hidrelétricas também são alternativas utilizadas para amenizar os efeitos do assoreamento nos reservatórios (MAIA; VILLELA, 2006 *apud* MIRANDA, et. al., 2011).

Remoção de sedimentos por meio de descarregadores de fundo (nem sempre recomendável), dragagem de sedimentos (utilizada em casos extremos), alteamento da barragem, entre outros (MIRANDA, et. al., 2011).

A expansão demográfica e a industrialização junto com o assoreamento causam pressão sobre a infraestrutura básica (rede de abastecimento de água, coleta

e tratamento de esgotos, coleta de resíduos sólidos, infraestrutura hidroviária), bem como sobre serviços de saúde, transporte, isso implica em obras de infraestrutura, em saneamento coleta de resíduos sólidos e infraestrutura hidroviária, para mitigação do impacto. Tais obras de infraestrutura ajudam na mitigação de problemas de saúde, tais como doenças causadas por vetores (CASA GRANDE MINERAÇÃO, s.d.).

5. CONCLUSÃO

Os dados coletados na estação meteorológica de Pirapora foram fundamentais para o estudo do Balanço Hídrico e Climatológico, para a elaboração de gráficos e tabelas contidos neste trabalho. Por meio dos produtos do Balanço Hídrico e Climatológico foi possível constatar que em Pirapora a precipitação foi grande e com consequente armazenamento hídrico positivo, e com decorrente ausência de déficit hídrico, o que demonstra que a governança da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem sido muito bem-sucedida.

O estudo dos pontos analisados no trabalho mostrou que realmente o Rio São Francisco, apresenta padrão de canal meandrante; a divisão da área de estudo em três trechos permitiu particularizar e visualizar cada trecho do Rio. Dessa forma, foi possível estabelecer a quantidade de pontos de assoreamento encontrados em cada trecho, com consequente, apresentação dos oito pontos de assoreamento visíveis no mapa concebido para delimitação dos respectivos pontos; a Bacia do São Francisco tem padrão de drenagem dendrítico e no trecho estudado, situado entre Pirapora e Barra do Guaicuí, o assoreamento vem alterando o padrão de canal do Rio São Francisco para um padrão anastomosado.

É necessário a elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD; com muito possivelmente tais medidas mitigadoras para resolver os problemas diagnosticados. Tais medidas são: a construção de bacias de decantação, construção de barragens condutos para desvio de sedimentos, reflorestamento e reconstrução de matas ciliares, criação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e dragagem (em casos extremos), cultura em faixa, os sistemas de preparo e a rotação de culturas, uso de forrageiras, terraceamento, cultivo de contorno e de curvas de nível.

O relevo montanhoso, próximo a Pirapora, colabora para a recarga dos aquíferos da região e sua integridade favorece a redução do carreamento de sedimentos na região. A quantidade crescente de assoreamento provoca o carreamento de sedimentos e acúmulo de lixo e esgoto no leito do Rio, facilitando a proliferação de vetores de doenças, tais como a dengue, entre outras moléstias.

6. REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. **A transposição de águas do São Francisco: análise crítica.** 2006.

ALKMIM, Fernando Flecha.; MARTINS - NETO, Marcelo Augusto. **A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** 2001.

ALKMIM, Fernando Flecha.; MARTINS - NETO, Marcelo Augusto. **A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço estrutural e cenários evolutivos.** In: PINTO Claiton Piva.; MARTINS-NETO Marcelo Augusto. (eds). **Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais.** SBG-MG, Belo Horizonte, 2001.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques. **O Cráton do São Francisco.** Revista. Brasileira de Geociências, 1977. 7(4):349-364.

BEURLEN, Hartmut. **Ocorrências de chumbo, zinco e fluorita nas rochas sedimentares do Precambriano Superior no Grupo Bambuí em Minas Gerais (Brasil Central).** Tese de doutoramento (tradução do autor), Faculdade de Ciências Naturais, Universidade Karl Ruprecht, Heilderberg, Alemanha, 1973. 165p.

BOMFIM, Luiz Fernando Costa.; GOMES, Raimundo A. Dias. **Aquífero Urucua – Geometria e Espessura: Idéias para discussão.** 2004.

BRAZ, Cinthia.; *et. al.* **Caracterização do agente modelador na margem da represa de Três Marias – MG.** 2017. Disponível em: arquivo pessoal de juliamvianna03@gmail.com.

CAMPOS, José Eloi Guimarães.; DARDENNE, Marcel Auguste. **Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfrasciscana.** Rev. Bras. Geoc., 1997^a. 27(3):283-294.

CAMPOS, José Carlos.; LANDGRAF, Paulo Roberto Corrêa. **“Análise da Regeneração Natural de Espécies Florestais em Matas Ciliares de Acordo com a Distância da Margem do Lago”.** Ciência Florestal, Santa Maria, 2001. v. 11, n.2, pp. 143-151.

CASA GRANDE MINERAÇÃO, EIA – **Estudo de Impacto Ambiental atividade de extração do minério de ferro – faz trindade – SÃO MAMEDE/PB.** s.d.

CASSEDANNE, Jacques. **Catalogue descriptif des gîtes de Plomb e du Zinc du Brésil.** Tese de Doutorado. Sciencies Naturelles, Department de Geologie et Mineralogie, Université de Clermond-Ferrand, França. 1972.

CASTRO, Dilton de.; MELLO, Ricardo Silva Pereira.; POESTER, Gabriel Collares. **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse, 2012. ACERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. Metodologia científica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CARVALHO, Newton Oliveira. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro, Interciência, 2008. 599 p.

CAVALCANTI, Lindalva Ferreira.; *et. al.* **Plano de ação nacional para conservação do patrimônio espeleológico nas áreas carsticas da bacia do Rio São Francisco National plan of action for the conservation of speleological patrimony in Karst areas of the Bacia do Rio São Francisco**. 2011.

CBHSF- Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Salvador. 2004.

CBHSF – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **O Comitê da Bacia do Rio São Francisco**. Disponível em: https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/os-biomas-predominantes-do-vale-do-sao-francisco/ . 2016. Acesso em: 17 mai. 2023.

CBHSF – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **O Comitê da Bacia do Rio São Francisco**. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. 2017. Acesso em: 17 mai. 2023.

CBHSF – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **O Comitê da Bacia do Rio São Francisco**. Disponível em: <https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/abacia/#:~:text=A%20Bacia%20Hidrogr%C3%A1fica%20do%20rio%20S%C3%A3o%20Francisco%20abrange%20639.219%20km2,%25%20do%20total%20do%20pa%C3%ADs>. 2017. Acesso em: 17 mai. 2023.

CHOW, Ven Te. **A Handbook of Applied Hydrology**. In: CHOW, Ven. Te. Ed., A Compendium of Water-Resources Technology. McGraw-Hill Book Company, New York, 1964. 43-56.

CODEMIG. **Mapa Geológico Folha Pirapora - SE.23-X-C-I Escala 1:100.000**. 2013.

CODEMIG. **Programa mapeamento geológico de Estado de Minas Gerais projeto Alto Paranaíba** Contrato CODEMIG-UFMG 2008 (ref.: CODEMIG 2395; UFMG 040/08-00) Capítulo XIV FOLHA TRÊS MARIAS SE.23-Y-B-III Escala 1:100.000. 2011.

COSTA, M. T.; BRANCO, J. J. R. **Introdução**. In: **Branco J.J.R. (ed.) Roteiro para a excursão Belo Horizonte – Brasília**. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 1961. 14, Belo Horizonte, Anais, 15:1-119.⁶

DALLABRIDA, Valdir Roque. **Governança Territorial e Desenvolvimento: as experiências de descentralização político-administrativa no Brasil como exemplos de institucionalização de novas escalas territoriais de governança**. 2011.

DALLABRIDA, Valdir Roque.; BECKER, Dinizar Fermiano. **Governança territorial: um primeiro passo na construção de uma proposta teórico metodológica**. Desenvolvimento em Questão, 2003. v. 1, n. 2, p. 73-98.

DARDENNE, Marcel Auguste. **Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central**. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 30, Recife, Anais, 1978. v. 2, p. 507-610.

DIAS, Jacyara Soares. **Análise do estado de conservação das nascentes do Córrego da Pindaíba em Tocantins-MG**. 2018.

EMBRAPA. **Erosão causa prejuízos econômicos e ambientais no Paraná**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36905812/erosao-causa-prejuizos-economicos-e-ambientais-no-parana#:~:text=Entenda%20o%20problema,A%20eros%C3%A3o%20%C3%A9%20um%20processo%20de%20desagrega%C3%A7%C3%A3o%2C%20transporte%20e%20deposi%C3%A7%C3%A3o,%C3%A1reas%20onde%20n%C3%A3o%20estavam%20inicialmente>>. Acesso em 06 jun 2022.

FERNANDEZ, Eloi Fernandez y.; PEDROSA JUNIOR, Oswaldo Antunes.; PINHO, Antonio Correia. **Dicionário Petróleo e Gás**. s.d. Disponível em: <https://dicionariopetroleoegas.com.br/dictionary/canal-meandrante/> Acesso em: 17 mai. 2023.

FTSSF - Fórum do Território Sertão do São Francisco, **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável**. Território Sertão do São Francisco. 2008.

GOTTSCHALK, Louis Christian. **“Reservoir Sedimentation”** in Handbook of Applied Hydrology. Chow, Ven Te, New York, Mc Graw Hill, 1964. pp. 17.1-17.33.

GOLDSMITH, Edward.; HILDYARD, Nicholas. **The Social and environmental effects of large dams**. San Francisco, Sierra Club Books. 1984.

⁶ Nota: A referência, COSTA, M. T. & BRANCO, J. J. R. **Introdução**. In: **Branco J.J.R. (ed.) Roteiro para a excursão Belo Horizonte – Brasília**. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 1961. 14, Belo Horizonte, Anais, 15:1-119. É tão antiga que não é mais possível saber o nome completo dos autores INFANTI e FORNASARI.

GURJÃO, Carlos Diego Sousa.; *et. al.* **Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no Regime Hidrológico do Rio São Francisco: uma Análise em Regiões com Fortes Pressões Antrópicas.** 2012.

GUERRA, Antônio José Teixeira. **“Processos Erosivos nas Encostas”** in Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Orgs. por GUERRA, Antônio José Teixeira. e CUNHA, Sandra Baptista., Ed. Afiliada, 1994. pp. 149-209.

IGLESIAS, Martínez. Mario.; UHLEIN, Alexandre. **Estratigrafía do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Geociências , 2009. v. 39, p. 256-266.

INFANTI, J. N.; FORNASARI, F. N. **Processos de dinâmica superficial.** In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. Geologia de Engenharia. São Paulo: Assoc. Bras. Geol. Engenharia (ABGE), 1998. p 131-152.⁷

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2021. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologia/bhclimatologiconormal/index> Acesso em: 19 de junho de 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2022. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologia/bhclimatologiconormal/index> Acesso em: 19 de junho de 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2023 Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologia/bhclimatologiconormal/index> Acesso em: 19 de junho de 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2021 Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso em: 19 de junho de 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2022 Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso em: 19 de junho de 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2023 Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> Acesso em: 19 de junho de 2023.

JESSOP, Bob. **The rise of governance and the risks of failure: the case of economic development.** *International Social Science Journal*, 1998. v. 50, n. 155, p. 29-45.

⁷ Nota: A referência, INFANTI, J. N.; FORNASARI, F. N. **Processos de dinâmica superficial.** In: OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. Geologia de Engenharia. São Paulo: Assoc. Bras. Geol. Engenharia (ABGE), 1998. p 131-152. É tão antiga que não é mais possível saber o nome completo dos autores INFANTI e FORNASARI.

JESUS, Veruska Costa., **Padrão de drenagem, um resgate conceitual como subsídio à classificação da Bacia do Rio Preguiças – MA1. Drainage pattern, a conceptual rescue as a subsidy for Preguiça Rivier basin classification – MA. Patrón de drenaje, un rescate conceptual como subsidio a la.** Clasificación de la cuenca del Rio Preguiças – MA. *Ciência Geográfica - Bauru - XXV - Vol. XXV - (4):* Janeiro/Dezembro – 2021.

LOBATO, Breno. **Agricultura conservacionista: conheça os preceitos e práticas para o Cerrado.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/48440960/agricultura-conservacionista-conheca-os-preceitos-e-praticas-para-o-cerrado> Acesso em: 29 de novembro de 2023.

LOPES, O. F. **Minéralization em plomb, zinc et fluorine encaissées dans le Group Bambuí, du Proterozoïque Supérieur de la region d'Itacarambi (Minas Gerais, Brésil).** Tese de doutoramento. Université Pierre et Marie Curie, Paris IV, Paris, 1979. 190p.⁸

MAIA, Adelena Gonçalves.; VILLELA, Swami Marcondes. **“A interferência do assoreamento na operação de reservatórios”** in Anais do IV Semana de Estudos de Engenharia Ambiental, Unicentro, 2006. v. 1. pp. 89-114.

MARCHESE, Humberto Gervasio. **Litoestratigrafia y petrologia del Grupo Bambuí** en los Estados de Minas Gerais y Goiás, Brazil. São Paulo, 1974. *Rev. Bras. Geoc.*, 4: 172-190.

MIRANDA, Renato Billia de.; *et. al.* **Medidas mitigadoras do processo de assoreamento em reservatórios hidrelétricos: Estudo de caso no Reservatório de Três Irmãos – SP.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS. 2011.

MELO, Thiago Augusto Medeiros.; ARCILA, Rafaella Iliana Alves. **Obras Hidráulicas: Revitalização das margens do Rio São Francisco.** XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS. 2019.

MPF/MP/CONEXÃO ÁGUA. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/atualizacao-estrategica/por-bacia-hidrografica> 2018. Acesso em: 17 mai. 2023 Baseado em: Agência Nacional de águas, 2017.

MULLER, Arnaldo Carlos. **Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Makron Books, São Paulo, 1995. 412 p.

⁸ Nota: A referência, LOPES, O. F. **Minéralization em plomb, zinc et fluorine encaissées dans le Group Bambuí, du Proterozoïque Supérieur de la region d'Itacarambi (Minas Gerais, Brésil).** Tese de doutoramento. Université Pierre et Marie Curie, Paris IV, Paris, 1979. 190p. É tão antiga que não é mais possível saber o nome completo do autor LOPES, O.F.

OGURA, Agostinho Tadashi.; *et al.* A Dinâmica dos processos de erosão e assoreamento e a gestão dos recursos hídricos. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997.

OLIVEIRA, Fábio Francisco de. **O assoreamento de Rios no Estado de Goiás e o papel da polícia militar. The restoration of Rivers in the state of Goiás and the role of the military police.** 2018.

OLIVEIRA, Guilherme de Castro.; FERNANDES FILHO, Elpidio Inácio. **Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o novo Código Florestal brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,16, 2013, Foz do Iguaçu, Anais...Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p.4443 – 4450.

PAHL - WOSTL, Claudia.; *et. al.* **The importance of social learning and culture for sustainable water management.** *Ecological Economics*, 2008. v. 64, n. 3, p. 484-495.

PAULA, Rogério Cunha.; *et. al.* **Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.** Diagnóstico da Biodiversidade. 2011.

PEREIRA, Silvio Bueno.; *et. al.* **Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.11, n.6, p.615–622, 2007.

PINTO Claiton Piva.; MARTINS-NETO Marcelo Augusto. (eds). **Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais.** SBG-MG, Belo Horizonte, 2001.

POÇANO, Waldir Lopes.; *et al.* **“Metodologia para estudo de assoreamento de reservatório (III): roteiro para estudo de reservatórios no sul e sudeste brasileiro”** in Anais do III CBGE, Itapema, SC, 1981. pp. 331- 353.

RADAMBRASIL. **Folha SD.23.** Brasília. Rio de Janeiro, DNPM, 1982. 660p.

RIBEIRO, Elizene Veloso.; *et. al.* **Comportamento do vento e aspectos geomorfológicos que condicionam a movimentação da pluma de poluentes atmosféricos do distrito industrial de Pirapora-MG.** Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2020.

ROBERTSON, Jacques Francis. **Geology of the Lead-Zinc deposits in the município of Januária, state of Minas Gerais, Brazil.** U.S. Geological Survey Bulletin, 1963. 1110-B:110.

RODORFF, Verena.; *et. al.* **Governança da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Desafios de escala sob olhares inter e transdisciplinares challenges**

of multi-level Governance in the São Francisco watershed: Inter-and transdisciplinary perceptions. 2015.

SÁ, Iedo Bezerra.; ALVARES, Ivan Alvarez.; CUNHA, Tony Jarbas Ferreira da. In: RIBEIRO, Marcelino.; EMBRAPA. **Pesquisas estudam o uso sustentável da bacia do rio São Francisco**. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/18124479/pesquisas-estudam-o-uso-sustentavel-da-bacia-do-rio-sao-francisco> Acesso em: 17 mai. 2023.

SÁ, Iedo Bezerra.; et.al **Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Diagnóstico do Meio Físico**. 2011.

SANTOS, Rômulo Lacerda.; ARAUJO, Glaucio Luciano. **Deterioração dos Rios devido a construção civil: Assoreamento de rios**. 2020.

SEMAD – GO Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/conselhos-e-c%C3%A2maras/comit%C3%A9s-das-bacias-hidrogr%C3%A1ficas.html> Acesso em: 17 mai. 2023.

SILVA, Edineusa Oliveira da.; et. al. **Impactos ambientais relacionados ao assoreamento do Rio São Francisco na cidade de Xique-Xique-Bahia: suas repercussões no ensino de geografia**. s.d.

SOUZA, Lorena Amorim.; ALMEIDA, Lucas Kaitohn Pereira.; SANTOS, Paulo Sérgio Alves. **Transposição do Rio São Francisco: A história que gera benefícios e malefícios aos brasileiros**. 2018.

SOUZA, Larissa Cayres. **Desafios da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos no Semi-Árido Nordeste: O caso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. 2008.

THOMANN, Robert V.; MUELLER, John A. **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. Harper-Collins, New York, 1987. 644 p.⁹

TRF. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/noticias/especial-santo-padroeiro/258826699> 2015. Acesso em: 17 mai. 2023.

VIANA, Cristine. **Conflitos sócioambientais do Projeto de Integração do Rio São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2005.

⁹ Nota: A referência, THOMANN, Robert V. & MUELLER, John A. **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control**. Harper-Collins, New York, 1987. 644 p. É tão antiga que não é mais possível saber o nome completo dos autores THOMANN, Robert V. & MUELLER, John A.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFMG, 1996.

WINGE, Manfredo.; *et. al.* **Glossário Geológico Ilustrado**. 2018. Disponível em: <https://sigep.eco.br/glossario/verbete/meandro.htm#:~:text=meandro&text=Curva%20acentuada%20de%20um%20rio,as%20v%C3%A1rias%20esta%C3%A7%C3%B5es%20do%20ano>. 2001 – 2024. Acesso em: 17 mai. 2023.