

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **ANÁLISE HIDROLÓGICA E MORFOMÉTRICA PARA A GESTÃO INTEGRADA DA BACIA DO ALTO SÃO FRANCISCO (SF1)**

*Germano de Oliveira Mattosinho<sup>1</sup>; Humberto Coelho de Melo<sup>2</sup>*

**Abstract:** This study delved into the understanding of the Upper São Francisco River sub-basins (SF1) in Minas Gerais, aiming to inform the integrated management of their water resources. Through a comprehensive literature review and geospatial analyses conducted in QGIS, supported by pluviometric data from Plúvio 2.1 software and the Minas Gerais Environmental Information System (SISEMA), the physical, hydrological, and socio-environmental characteristics of the sub-basins were thoroughly detailed. The research identified environmental degradation, inappropriate land use, and climate change as the primary threats to the region's water resources. Spatial analysis enabled the mapping of vulnerable areas and the proposal of conservation and restoration measures. The findings underscore the necessity of integrated and participatory planning for the sustainable management of the Upper São Francisco River basin's water resources, which plays a pivotal role in supplying water to various regions.

**Resumo:** Este estudo aprofundou a compreensão das sub-bacias hidrográficas do Alto São Francisco (SF1) em Minas Gerais, visando subsidiar a gestão integrada de seus recursos hídricos. A partir de um levantamento bibliográfico e de análises geoespaciais no QGIS, com o apoio dos dados pluviométricos do software Plúvio 2.1 e do Sistema de Informações Ambientais de Minas Gerais (SISEMA), foram detalhadas as características físicas, hídricas e socioambientais das sub-bacias. A pesquisa identificou a degradação ambiental, o uso inadequado do solo e as mudanças climáticas como as principais ameaças aos recursos hídricos da região. A análise espacial permitiu mapear áreas vulneráveis e propor medidas de conservação e recuperação. Os resultados evidenciam a necessidade de um planejamento integrado e participativo para a gestão sustentável dos recursos hídricos da bacia do Alto São Francisco, que desempenha papel fundamental no abastecimento de diversas regiões.

**Palavras-Chave** – Alto São Francisco (SF1); Caracterização Hidrológica; Gestão de Recursos Hídricos.

### **INTRODUÇÃO**

As bacias hidrográficas constituem unidades fundamentais para a compreensão e gestão dos recursos hídricos, atuando como áreas naturais de coleta e condução da água da precipitação pluvial até um ponto comum de saída. Esse processo é parte integrante do ciclo hidrológico, regulando o escoamento superficial e subterrâneo e refletindo a interação entre as características ambientais e as atividades antrópicas (Rodrigues et al., 2007). A definição precisa dos limites físicos e climáticos das bacias é imprescindível para a previsão dos impactos decorrentes das intervenções humanas e para a proposição de estratégias sustentáveis de uso da água.

Aspectos físicos, como relevo, geomorfologia, uso e cobertura do solo, bem como variáveis climáticas, exercem influência decisiva sobre o ciclo hidrológico e o regime dos rios, interferindo

1) Afiliação: IFMG Piumhi, Av. Severo Veloso, 1880. Bela Vista, Piumhi / MG, germano.mattosinho@ifmg.edu.br

2) Afiliação: IFMG Piumhi, Av. Severo Veloso, 1880. Bela Vista, Piumhi / MG, Humberto.melo@ifmg.edu.br

diretamente no balanço hídrico regional. A degradação ambiental provocada por desmatamento, expansão urbana desordenada e práticas inadequadas de manejo do solo compromete a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, impactando negativamente os ecossistemas aquáticos e os serviços ambientais essenciais para o desenvolvimento sustentável (Vechia et al., 2010).

Nesse sentido, estudos têm demonstrado que, embora as características morfométricas de uma bacia possam indicar baixa suscetibilidade a enchentes, a expansão urbana e a impermeabilização do solo, especialmente nas margens dos rios, podem aumentar significativamente o risco de inundações e seus impactos (Souza *et al.*, 2021; Lopes *et al.*, 2022)."

No contexto atual de mudanças e variabilidade climática, a ocorrência de eventos pluviométricos extremos tem se tornado cada vez mais frequente, gerando desastres hidrológicos com grandes impactos socioeconômicos e ambientais, o que reforça a necessidade de planejamento e gestão em nível de bacia hidrográfica (Manuel *et al.*, 2024).

Apesar do Brasil possuir cerca de 12% da água doce superficial disponível mundialmente, a sua distribuição espacial é heterogênea, concentrando-se majoritariamente na região Amazônica, com baixa demanda, enquanto regiões do Sudeste e Nordeste enfrentam desafios críticos em termos de escassez hídrica e conflitos pelo uso da água (Schmitt e Moreira, 2015). Dessa forma, a gestão integrada das bacias hidrográficas torna-se fundamental para garantir o uso racional e múltiplo dos recursos hídricos, resguardando a biodiversidade e assegurando o abastecimento das populações humanas e das atividades produtivas (Tundisi et al., 2008).

No contexto brasileiro, a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco destaca-se como um dos sistemas fluviais mais relevantes, com extensão aproximada de 2.863 km e área de drenagem de cerca de 639.219 km<sup>2</sup>, abrangendo seis estados e o Distrito Federal. O rio é fundamental para o abastecimento urbano, a irrigação, a geração hidrelétrica, a navegação e a manutenção de importantes ecossistemas (ANA, 2018).

Para a gestão eficiente dos recursos hídricos da Bacia do Rio São Francisco, foram desenvolvidos instrumentos como o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) e o Enquadramento dos Corpos de Água (ECA), que se estruturam em etapas de diagnóstico, prognóstico, enquadramento e plano de ações. Esses documentos têm por finalidade identificar conflitos e vulnerabilidades no uso da água, propor soluções técnicas e definir metas para a qualidade dos corpos hídricos, subsidiando as decisões do Comitê da Bacia Hidrográfica (CBH) e demais agentes gestores (Ecoplan Engenharia Ltda. e Skill Engenharia Ltda., 2020).

A caracterização morfométrica da bacia, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Modelos Digitais de Elevação (MDE), permite a obtenção de parâmetros essenciais como área, perímetro, declividade, fator de forma, coeficiente de compacidade, tempo de concentração, sinuosidade do curso d'água principal, densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial. Esses dados são fundamentais para o entendimento da dinâmica do escoamento, a eficiência do sistema de drenagem e a previsão de eventos hidrológicos extremos, como enchentes (Chow et al., 1988; Strahler, 1964).

A aplicação de ferramentas de geoprocessamento, como SIG e MDE, tem se consolidado como um procedimento indispensável para a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, fornecendo informações quantitativas cruciais para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (Salis *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2022).

Adicionalmente, a análise pluviométrica e a comparação entre métodos para estimativa da precipitação média, como o racional e os polígonos de Thiessen, são procedimentos imprescindíveis

para a quantificação da entrada hídrica na bacia, influenciando diretamente no planejamento hidrológico e na gestão sustentável dos recursos (Linsley et al., 1982).

A escolha do método de interpolação espacial apropriado é crucial, dada a variabilidade da chuva e a escassez de dados medidos em estações, especialmente no Brasil, sendo fundamental a avaliação do desempenho de diferentes interpoladores para definir o mais indicado para cada região (Baratto *et al.*, 2022).

O presente estudo objetiva realizar uma caracterização abrangente da Bacia do Alto São Francisco (SF1), por meio da determinação dos principais parâmetros físicos, morfométricos e hidrológicos que governam sua dinâmica. Especificamente, busca-se calcular o coeficiente de compacidade, fator de forma, tempo de concentração e sinuosidade do curso d'água principal, classificando os cursos d'água segundo sua ordem e avaliando a densidade de drenagem, bem como a extensão média do escoamento superficial. Também será analisada a declividade da bacia para avaliar sua influência sobre a velocidade do escoamento e a susceptibilidade a processos erosivos. Por fim, serão confrontados os métodos racional e dos polígonos de Thiessen na estimativa da precipitação média, visando identificar o mais adequado para a região, com vistas à otimização da gestão hídrica local.

Figura 1 - Bacia do Alto São Francisco



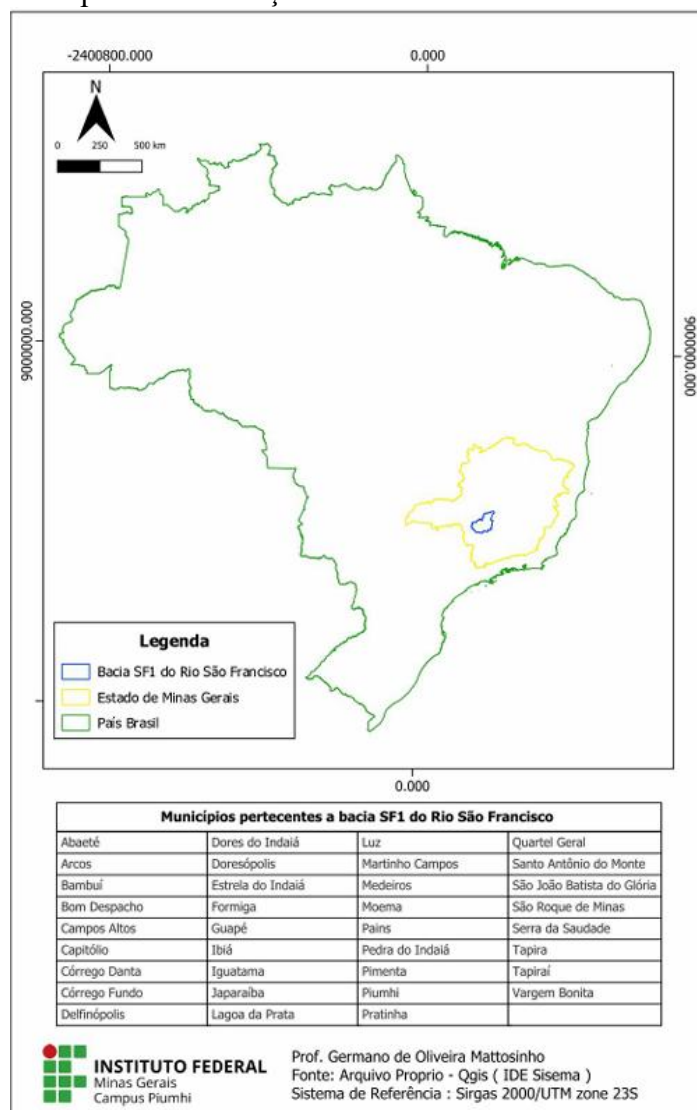
Tabela 1 – Municípios pertencentes a Bacia do Alto São Francisco (SF1).

Abaeté	Dores do Indaiá	Luz	Quartel Geral
Arcos	Doresópolis	Martinho Campos	Santo Antônio do Monte
Bambuí	Estrela do Indaiá	Medeiros	São João Batista do Glória
Bom Despacho	Formiga	Moema	São Roque de Minas
Campos Altos	Guapé	Pains	Serra da Saudade
Capitólio	Ibiá	Pedra do Indaiá	Tapira
Córrego Danta	Iguatama	Pimenta	Tapiraí
Córrego Fundo	Japaraíba	Piumhi	Vargem Bonita
Delfinópolis	Lagoa da Prata	Pratinha	

## MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração dos mapas que compõem a análise espacial da Bacia do Rio São Francisco foi realizada por meio do software QGIS, utilizando dados geoespaciais disponíveis em catálogos oficiais, como o IDE-Sisema e o catálogo de metadados da Agência Nacional de Águas (ANA). A área de estudo, a Bacia do Alto São Francisco (SF1), está localizada em Minas Gerais, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de Localização da Bacia do Alto São Francisco (SF1).





O processo inicial envolveu a obtenção do shapefile da Bacia do Rio São Francisco (SF1), disponível no catálogo da ANA, bem como o shapefile das curvas de nível de Minas Gerais, obtido no site do IDE-Sisema. A manipulação dos dados no QGIS iniciou-se pela unificação da sub-bacia em um único polígono, extraindo vértices e removendo as divisões internas para facilitar o recorte da área de interesse. Este procedimento garantiu a geração de um shapefile consolidado e projetado no sistema de coordenadas Sirgas 2000/UTM zone 23S, que foi utilizado para recortar o raster das curvas de nível, garantindo que somente as curvas dentro da bacia fossem consideradas. Para a visualização das altitudes, as propriedades do shapefile foram configuradas para exibição de rótulos individuais com valores de elevação. O mapa final foi exportado por meio do gerenciador de layout do QGIS, possibilitando sua inserção em folhas com escalas e legendas adequadas.

Na sequência, para a elaboração do mapa de ordem do curso de água, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) baixado no IDE-Sisema, processado no QGIS com a ferramenta "Channel Network and Drainage Basins". O parâmetro de Threshold foi ajustado empiricamente para equilibrar a detalhamento e a clareza do mapa gerado. Após a execução da ferramenta, as camadas resultantes – rede de drenagem e bacias hidrográficas – foram editadas para melhor visualização, aplicando simbologias diferenciadas para as ordens dos cursos d'água e classificando fontes e junções, tornando o mapa mais funcional e intuitivo. As configurações de rótulos individuais foram aplicadas para exibir a ordem dos cursos, assegurando a organização e a clareza das informações.

A elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foi realizada a partir do shapefile disponível no catálogo da ANA para Minas Gerais, submetido ao processo de recorte utilizando o shapefile da bacia SF1 como máscara. O mapa resultante foi então plotado com simbologias específicas para facilitar a interpretação das diferentes classes de uso do solo.

O mapa principal, que integra informações sobre a delimitação municipal e os afluentes do curso principal do rio São Francisco, foi criado a partir do shapefile de municípios de Minas Gerais e do shapefile dos afluentes, ambos obtidos nas respectivas infraestruturas de dados espaciais. Após o corte das camadas para a área de estudo, foram inseridos os nomes dos municípios nas propriedades das camadas para enriquecimento do mapa final.

Para o mapa isoietal, que representa as distribuições pluviométricas, utilizou-se o shapefile disponibilizado pela ANA para Minas Gerais, aplicado o corte pela bacia SF1 e posteriormente plotado, permitindo a análise espacial das precipitações.

A geração do mapa de declividade seguiu processo semelhante, partindo do shapefile disponível no IDE-Sisema, que foi recortado pela bacia de interesse. A simbologia foi ajustada para banda simples em falsa cor, com interpolação linear e gradiente turbo, otimizando a diferenciação visual das altitudes. As classes de declividade foram definidas em intervalos de 10 em 10 graus, atribuindo cores contrastantes para facilitar a visualização das variações do relevo.

Por fim, o mapa de polígonos foi elaborado a partir do shapefile de estações pluviométricas de Minas Gerais, obtido no catálogo da ANA. Após o recorte pela área da bacia SF1, foi aplicada a ferramenta de criação de polígonos de Voronoi, que define áreas de influência para cada estação pluviométrica. As cores foram personalizadas para evidenciar as diferentes áreas de influência, e o mapa foi exportado utilizando o gerenciador de layout do QGIS.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Bacia do Alto São Francisco (SF1), objeto deste estudo, abrange uma área de drenagem de 14.155 km<sup>2</sup> e um perímetro de 756,59 km. O rio principal estende-se por 346,4 km, complementado

por uma vasta rede de afluentes totalizando 23.094,27 km. A análise morfométrica revelou características intrínsecas à dinâmica hidrológica da bacia. O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), calculado em 1,78, indica um formato alongado ou ramificado. Este valor, superior a 1,5, sugere uma menor suscetibilidade a grandes eventos de enchente, uma vez que a concentração do escoamento tende a ser mais distribuída no tempo, mitigando picos de vazão.

Corroborando essa observação, o fator de forma ( $K_f$ ) de 0,117, significativamente inferior a 0,5, reforça a natureza alongada da bacia. Tal configuração implica que chuvas intensas dificilmente cobririam toda a sua extensão simultaneamente, reduzindo a probabilidade de cheias abruptas, conforme preconizado por Vilella e Mattos (1975). Adicionalmente, a sinuosidade do curso d'água principal ( $S_{in}$ ) foi determinada em 1,0, um valor que aponta para um canal predominantemente retilíneo, influenciando diretamente a velocidade de escoamento.

Essas características morfométricas, que indicam baixa propensão a grandes enchentes, são frequentemente observadas em bacias de formato alongado, como a do Córrego do Marinheiro (MG), que apresentou  $K_c$  de 1,72 e  $K_f$  de 0,25 (Salis *et al.*, 2019), e a microbacia do Açude Grande (RN), com  $K_c$  de 0,59 e  $K_f$  de 1,86 (Lopes *et al.*, 2022). Contudo, é fundamental considerar que a morfometria da bacia, embora indicativa, não é o único fator determinante para a ocorrência de inundações. Estudos como o de Souza *et al.* (2021) na sub-bacia do Rio Piabanha (RJ) demonstram que, mesmo em bacias com características morfométricas que sugerem baixa suscetibilidade a grandes enchentes ( $K_f$  de 0,29 e  $K_c$  de 1,62), a presença de áreas urbanas consolidadas e a impermeabilização do solo podem elevar o risco de inundações para níveis médios, evidenciando a preponderância dos fatores antrópicos na dinâmica hidrológica.

No que tange ao sistema de drenagem, a classificação dos cursos d'água, realizada com o auxílio do software QGIS, identificou o curso principal como de 6ª ordem. A densidade de drenagem ( $D_d$ ) da bacia foi calculada em 1,63 km/km<sup>2</sup>, classificando-a como uma bacia com "drenagem boa" (Vilella e Mattos, 1975). Este índice reflete uma eficácia moderada na concentração do escoamento superficial. A extensão média de escoamento superficial ( $l$ ), por sua vez, foi de 0,153 km, indicando a distância média percorrida pela água da chuva sobre o terreno até alcançar um curso d'água. Complementarmente, a declividade média da bacia ( $D_m$ ) de 13,86% caracteriza um relevo moderadamente inclinado, o que impacta diretamente a velocidade do escoamento superficial e a potencial suscetibilidade a processos erosivos.

A análise pluviométrica, fundamental para a compreensão do balanço hídrico, envolveu o tratamento de séries históricas de dados, incluindo o preenchimento de falhas por ponderação regional. A importância dessa etapa é ressaltada por Melo *et al.* (2024), que demonstram como a consistência e o preenchimento de falhas são cruciais para aumentar a confiabilidade das séries pluviométricas, mesmo aquelas oriundas de sensores automáticos, garantindo a fidedignidade das análises hidrológicas.

Para a estimativa de vazões, foram aplicados e comparados o Método Racional e o Método dos Polígonos de Thiessen, confrontando-os com dados históricos da Agência Nacional de Águas (ANA). Especificamente para a área de influência da Estação de Vargem Bonita, o tempo de concentração ( $T_c$ ) foi de 288,39 minutos, e a intensidade de precipitação ( $i$ ) de 20,27 mm/h para um período de retorno de 17 anos.

Pelo Método Racional, a vazão máxima estimada foi de 342,38 m<sup>3</sup>/s. Contudo, é imperativo destacar que este método, embora amplamente utilizado, possui limitações significativas para bacias com área superior a 5 km<sup>2</sup>, tornando sua aplicação para a bacia SF1 (14.155 km<sup>2</sup>) uma estimativa com inerente imprecisão, dada a suposição de uniformidade da chuva e concentração do escoamento em grandes áreas.

Em contraste, o Método dos Polígonos de Thiessen, que incorpora a distribuição espacial das estações pluviométricas, forneceu uma vazão de 364,8 m<sup>3</sup>/s para o mês atípico de março de 2011 na mesma área de influência. Embora mais refinado na ponderação da precipitação, este método ainda se restringe à componente de escoamento superficial. Os dados históricos da ANA para março de 2011, por sua vez, registraram uma vazão total de 772,435 m<sup>3</sup>/s.

Essa diferença substancial ressalta que os dados da ANA englobam não apenas o escoamento superficial direto da precipitação, mas também a crucial contribuição da vazão de base, proveniente de nascentes e do fluxo subterrâneo, elementos essenciais para a representação fidedigna do regime hídrico de uma bacia. A análise dos gráficos de tendência de precipitação e vazão ao longo dos anos reforça a forte sazonalidade do regime hídrico da bacia, com picos de vazão nos períodos chuvosos e reduções significativas nas estiagens, refletindo a dependência direta da precipitação e a contribuição da vazão de base.

Nesse contexto, é fundamental reconhecer a complexidade das interações entre o uso e cobertura do solo e a disponibilidade hídrica. Embora o desmatamento e o manejo inadequado do solo sejam geralmente associados à degradação dos recursos hídricos, estudos recentes têm demonstrado que essa relação pode não ser linear. Por exemplo, Jaeger *et al.* (2024), ao analisar a microbacia do Rio Sargento (SC), verificaram que, apesar da diminuição das áreas de florestas nativas e do aumento das áreas agropecuárias, não foi encontrada uma relação de causalidade estatisticamente significativa entre a alteração da cobertura florestal nativa e a disponibilidade hídrica.

Esse achado sugere que outros fatores, como a contribuição das reservas subterrâneas, podem exercer uma influência preponderante na resposta hidrológica da bacia, um aspecto que merece investigação aprofundada em diferentes contextos, incluindo a Bacia do Alto São Francisco.

Os principais parâmetros morfométricos e hidrológicos da Bacia do Alto São Francisco (SF1), juntamente com os resultados da estimativa de vazões, são sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros Morfométricos e Hidrológicos da Bacia do Alto São Francisco (SF1) e Comparativo de Vazões

Parâmetro	Valor	Unidade/Observação
Área de Drenagem (A)	14.155	km <sup>2</sup>
Perímetro da Bacia (P)	756,59	km
Comprimento do Rio Principal (L)	346,4	km
Comprimento dos Afluentes	23.094,27	km
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,78	Adimensional (Bacia alongada/ramificada)
Fator de Forma (Kf)	0,117	Adimensional (Bacia alongada)
Sinuosidade do Curso d'Água Principal (Sin)	1,0	Adimensional (Canal predominantemente retilíneo)
Ordem do Curso d'Água Principal	6 <sup>a</sup>	Ordem de Strahler
Densidade de Drenagem (Dd)	1,63	km/km <sup>2</sup> (Drenagem boa)

Parâmetro	Valor	Unidade/Observação
Extensão Média de Escoamento Superficial (ℓ)	0,1532	km
Declividade Média da Bacia (Dm)	13,86	% (Relevo moderadamente inclinado)
Tempo de Concentração (Tc)	288,387	minutos (Estação Vargem Bonita)
Intensidade de Precipitação (i)	20,2744	mm/h (Estação Vargem Bonita, TR=17 anos)
Vazão Máxima (Método Racional)	342,3763	m³/s
Vazão (Método Polígonos de Thiessen)	364,8	m³/s (Março de 2011)
Vazão (Dados ANA)	772,435	m³/s (Março de 2011)

## CONCLUSÃO

Este estudo alcançou seu objetivo de realizar uma caracterização hidrológica e morfométrica abrangente da Bacia do Alto São Francisco (SF1), utilizando uma abordagem integrada de dados públicos e ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os resultados revelaram que a bacia possui um formato alongado, evidenciado por um coeficiente de compacidade de 1,78 e um fator de forma de 0,117. Essa morfometria, aliada a uma densidade de drenagem classificada como "boa" (1,63 km/km²), sugere uma menor propensão a picos de cheia abruptos, favorecendo uma resposta hidrológica mais distribuída no tempo.

A comparação entre os métodos de estimativa de vazão – Racional, Polígonos de Thiessen e dados observados da ANA – sublinhou a criticidade da seleção metodológica em função da escala da bacia e da completude dos dados. Enquanto o Método Racional demonstrou limitações para a área estudada, o Método de Thiessen ofereceu uma estimativa mais precisa da precipitação média. Contudo, a vazão observada pela ANA, que incorpora a vazão de base, provou ser a representação mais fiel da dinâmica hídrica da bacia, destacando a importância de considerar todas as componentes do escoamento.

A integração de análises geoespaciais e dados pluviométricos históricos forneceu uma compreensão aprofundada da dinâmica hidrológica da bacia SF1. Para estudos futuros, a complementação de dados de estações com produtos de satélite, como o CHIRPS, pode ser uma estratégia eficaz para superar limitações de dados e falhas em séries históricas, como demonstrado por Reis *et al.* (2024) na Mesorregião Sul da Bahia, embora a verificação regional e correção de viés sejam recomendadas para uma utilização mais consistente.

As informações geradas são relevantes para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos na região, subsidiando a tomada de decisões para a conservação, o uso racional da água e a mitigação de riscos hidrológicos, contribuindo para a segurança hídrica e o desenvolvimento socioambiental do Alto São Francisco. Estes achados fornecem uma base robusta para futuras pesquisas e para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes na gestão dos recursos hídricos na área de estudo e a metodologia pode ser replicada para as demais bacias e sub-bacias.



## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). (2024). Glossário Cantareira. Brasília – DF: ANA. Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em: 7 nov. 2024.
- BARATTO, P.F.B.; CECÍLIO, R.A.; TEIXEIRA, D.B.S.; ZANETTI, S.S.; XAVIER, A.C. (2022). “Espacialização da Precipitação Diária em Bacias Hidrográficas do Sul do Espírito Santo”. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 37, n. 3, pp. 385–404.
- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. New York – NY: McGraw-Hill, 570 p.
- ECOPLAN ENGENHARIA LTDA.; SKILL ENGENHARIA LTDA. (2020). Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Alto São Francisco. Belo Horizonte – MG: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), 450 p.
- JAEGER, C.A.; VASCONCELOS, M.C.; BISOGNIN, R.P. (2024). “Influência do uso e cobertura do solo sobre a disponibilidade hídrica da microbacia hidrográfica do Rio Sargento/SC”. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 10, n. 01, pp. 31–43.
- LINSLEY, R.K.; KOHLER, M.A.; PAULHUS, J.L.H. (1982). *Hydrology for Engineers*. 3. ed. New York – NY: McGraw-Hill, 508 p.
- LOPES, J.R.A.; BEZERRA, J.M.; ALMEIDA, N.M.D.P.; COSTA, H.C.G.; FERNANDES, G.S.T.; GONÇALVES, G.L.; MENDONÇA, S.S.C.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.E. (2022). “Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 01, pp. 429–442.
- MANUEL, Í.V.C.; ASSIS, J.M.O.; FONTES, A.S.; SOUZA, N.C.R.; SILVA, S.F. (2024). “Análise espacial dos eventos pluviométricos extremos ocorridos em 2021, 2022 e 2023 na bacia hidrográfica do rio Cachoeira - Sul da Bahia”. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XVII, João Pessoa, PB, nov. 2024, 1, pp. 1–10.
- MELO, C.R.; CRISPIM, A.K.N.; MELO, S.C.; SANTOS, K.A.; GUEDES, P.A. (2024). “A importância da consistência das séries pluviométricas utilizadas em projetos: estudo de caso do bairro do Quitandinha, Petrópolis/RJ”. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XVII, João Pessoa, PB, nov. 2024, 1, pp. 1–10.
- REIS, P.B.; SOUZA, N.C.R.; FONTES, A.S.; SILVA, S.F.; LEÃO, P.D.R. (2024). “Análise espacial das chuvas medidas pelo Cemaden e estimadas pelo CHIRPS para a mesorregião sul da Bahia”. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XVII, João Pessoa, PB, nov. 2024, 1, pp. 1–10.
- SALIS, H.H.C.; COSTA, A.M.; VIANA, J.H.M.; SCHULER, A.E. (2019). “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do córrego do Marinheiro, Sete Lagoas - MG”. *Bol. geogr.*, Maringá, v. 37, n. 2, pp. 186–201.
- SCHMITT, C.J.; MOREIRA, M.C. (2015). *A água no Brasil: desafios e perspectivas*. Brasília – DF: Agência Nacional de Águas, 100 p.

SOUZA, W.H.S.; NASCIMENTO, A.C.M.; NUNES, D.M.; NUNES, N.G.; OHNUMA JÚNIOR, A.A.; OBRACZKA, M. (2021). “Análise das características morfométricas e do uso e ocupação do solo e seus reflexos quanto aos riscos de cheias na sub-bacia hidrográfica do rio Piabanha”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XXIV, Belo Horizonte, MG, nov. 2021, 1, pp. 1–10.

STRAHLER, A.N. (1964). “Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks”. In: CHOW, V.T. (Ed.). *Handbook of Applied Hydrology*. New York – NY: McGraw-Hill, pp. 4–39.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; SIDAGIS, J. (2008). Recursos hídricos no Brasil: desafios e perspectivas. São Carlos – SP: Rima, 560 p.

VECHIA, A.; SILVA, A.C.; SILVA, M.A.S.; SILVA, R.A.S.; SILVA, L.C.A.S. (2010). “Degradação ambiental e recursos hídricos”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 1, pp. 1–8.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. (1975). Hidrologia aplicada. São Paulo – SP: McGraw-Hill do Brasil, 245 p.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua profunda gratidão ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Piumhi, onde este trabalho foi desenvolvido como parte das atividades da disciplina de Hidrologia. Agradecemos especialmente aos discentes que contribuíram significativamente para a elaboração do relatório base deste artigo:

Angélica Aparecida dos Santos de Mendonça Costa; Annibal Pires Neto; Cleber Luís de Freitas Filho; Fillipe José Couto Silva; Robert Natan Araújo; Stephanie Biato Freire Oliveira; Valeria Lucia Andrade Yanez.

Seu empenho e dedicação foram fundamentais para a concretização desta pesquisa.