

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### DESAFIOS DO MONITORAMENTO FLUVIOMÉTRICO NO SEMIÁRIDO

#### NORTE MINEIRO: da seleção de locais à construção de curvas-chave

*Ronaldo Medeiros dos Santos*<sup>1</sup>; *Marcelo Rossi Vicente*<sup>2</sup>; *Matheus Manoel Alves Araújo*<sup>3</sup>;  
*Lucas Alves Ramos*<sup>4</sup>; *Marcia Gabriely Pereira dos Santos*<sup>5</sup>; *Antônio Carlos Pinheiro Cani*<sup>6</sup>  
*Samira Ribeiro Dias*<sup>7</sup>; *Marco Antônio Teles de Menezes*<sup>8</sup>; *Herisson Emanuel Porto da Silva*<sup>9</sup> &  
*Roberto Avelino Cecílio*<sup>10</sup>

**Abstract:** streamflow is a critical indicator for evaluating watershed environmental status and for the effective management of water resources, particularly in the semi-arid regions of Minas Gerais, where water scarcity is severe. However, obtaining reliable hydrometric data is challenged by low monitoring station density, logistical constraints, and harsh climatic conditions. This study focused on the installation and commissioning of a hydrometric station in the Salinas sub-basin, located in the mid-Jequitinhonha basin, covering an area of 3,430 km<sup>2</sup> characterized by a semi-arid climate. Site selection integrated geospatial analysis and field verification to identify technically and logistically suitable locations. The hydrometric station at Ribeirão Almécegas was instrumented with stage and flow measurement devices, employing the mid-section method for discharge estimation. Over a two-year monitoring period, 20 discharge measurement campaigns were conducted, enabling the development of a stage-discharge rating curve with high predictive performance ( $R^2 = 0.997$ ; Nash-Sutcliffe Efficiency = 0.973), despite limitations at very low flow conditions. Major operational challenges included unregulated water withdrawals, temporary flow obstructions, and sediment deposition due to limited sediment transport capacity during storm events. This study underscores the complexities inherent in hydrological monitoring in semi-arid environments and highlights the necessity for adaptive monitoring strategies to provide reliable hydrological data to support water resource management.

**Key-Words** - Hydrological monitoring, streamflow.

**Resumo:** a vazão de uma bacia hidrográfica é um indicador fundamental para avaliar a saúde ambiental e para a gestão eficiente dos recursos hídricos, especialmente em regiões semiáridas de Minas Gerais, onde a escassez de água é crítica. Contudo, a geração de dados fluviométricos confiáveis enfrenta desafios significativos, como a baixa densidade de estações de monitoramento, limitações logísticas e condições climáticas adversas. Este estudo teve como objetivo instalar e operacionalizar uma estação fluviométrica na sub-bacia do rio Salinas, localizada no médio Jequitinhonha, abrangendo 3.430 km<sup>2</sup> com clima semiárido. A seleção do local considerou critérios

- 1) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. ronaldo.medeiros@ifnmg.edu.br.
- 2) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. marcelo.vicente@ifnmg.edu.br.
- 3) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. mmaa@aluno.ifnmg.edu.br.
- 4) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. lar10@aluno.ifnmg.edu.br.
- 5) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. mgpds@aluno.ifnmg.edu.br.
- 6) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. antonio.cani@ifnmg.edu.br.
- 7) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. srd@aluno.ifnmg.edu.br.
- 8) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. matm@aluno.ifnmg.edu.br.
- 9) IFNMG – Campus Salinas. Rod. MG 404, km02, S/N. 39560-000, Salinas – MG. (38) 3841-7000. heps@aluno.ifnmg.edu.br.
- 10) UFES. NEDTEC, Av. Gov. Lindemberg, 316, Centro. 29550-000, Jerônimo Monteiro – ES. (28) 3558 2520. roberto.cecilio@ufes.br.

técnicos e logísticos, combinando análise por geoprocessamento e inspeções de campo. A estação instalada no Ribeirão Almécegas foi equipada com instrumentos para medição de nível e vazão, utilizando o método da meia seção para cálculo das vazões. Durante dois anos, foram realizadas 20 campanhas de medição, resultando em um modelo ajustado com alta precisão ( $R^2 = 0,997$ ; Índice de Nash-Sutcliffe = 0,973), embora tenha apresentado limitações para vazões muito baixas. Entre os principais desafios estão o uso não controlado da água, represamentos temporários e assoreamento causado pela baixa capacidade de transporte de sedimentos durante eventos extremos. O trabalho evidencia a complexidade do monitoramento hidrológico em regiões semiáridas e a necessidade de soluções adaptativas para garantir dados confiáveis à gestão hídrica.

**Palavras-Chave** – Monitoramento hidrológico, vazão.

## 1. INTRODUÇÃO

A vazão produzida por uma bacia hidrográfica à montante de um determinado ponto de referência, ou secção, é um dos melhores indicadores ambientais e hidrológicos, tanto do estado de sanidade do meio, quanto de potencialidades ou limitações socioeconômicas a que estão expostas pessoas e arranjos produtivos da área. Além disso, pela escassez relativa de fontes superficiais de água, trata-se de informação indispensável à gestão eficiente dos recursos hídricos, sendo, por exemplo, o dado base para o controle do uso da água por meio da concessão de outorga, dentre outros (CECÍLIO et al., 2018; LELIS et al., 2020; PINHEIRO et al., 2020).

No entanto, a geração de dados consistentes de vazão ainda representa um importante gargalo à gestão da água. Segundo Vlah et al. (2024) e Paiva et al. (2020), medições requerem instrumentos específicos, equipes de campo treinadas, recursos e condições logístico-estruturais que permitam a regularidade temporal e contínua das medições – requisitos nem sempre disponíveis, sobretudo em países em desenvolvimento e com dimensões territoriais continentais, como o Brasil. Características físicas e climáticas também podem se tornar fatores complicadores, o que, juntamente com os anteriormente citados, resulta em uma rede de postos de medição geograficamente mal distribuída e em dados de baixa consistência e de baixa cobertura temporal. Regiões semiáridas de Minas Gerais, desafortunadamente, representam um verdadeiro desafio neste contexto.

Em Minas Gerais, as áreas semiáridas se distribuem em regiões pertencentes às bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Jequitinhonha e Pardo. Tais áreas são caracterizadas por altas temperaturas e elevada evapotranspiração associadas a baixos índices pluviométricos, resultando em déficits hídricos e estiagens que se estendem por até oito meses e expondo pessoas e meio físico à secas frequentes e insegurança hídrica constante (GALIZONI et al., 2024). Contraditoriamente, há falta de dados para uma melhor gestão dos já escassos recursos hídricos. Nas porções mineiras das bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo, por exemplo, que juntas compreendem uma área de cerca de ,56.000 km<sup>2</sup>, se encontram instaladas e operantes apenas 12 estações fluviométricas; uma estação para 4.683 km<sup>2</sup> - densidade baixa, levando-se em consideração a recomendação da Organização Meteorológica Mundial, de uma estação a cada 1.000 km<sup>2</sup> (WMO, 2018).

Diante da necessidade de dados hidrológicos, sobretudo fluviométricos, para suprir a carência em questão e proporcionando maior suporte às necessárias ações de gestão da água na região ora citada, o presente trabalho teve por objetivo a instalação e a operacionalização de um posto fluviométrico na porção média da bacia do rio Jequitinhonha, bem com descrever os desafios enfrentados nesse sentido; da seleção de locais apropriados à geração de séries históricas de vazão.

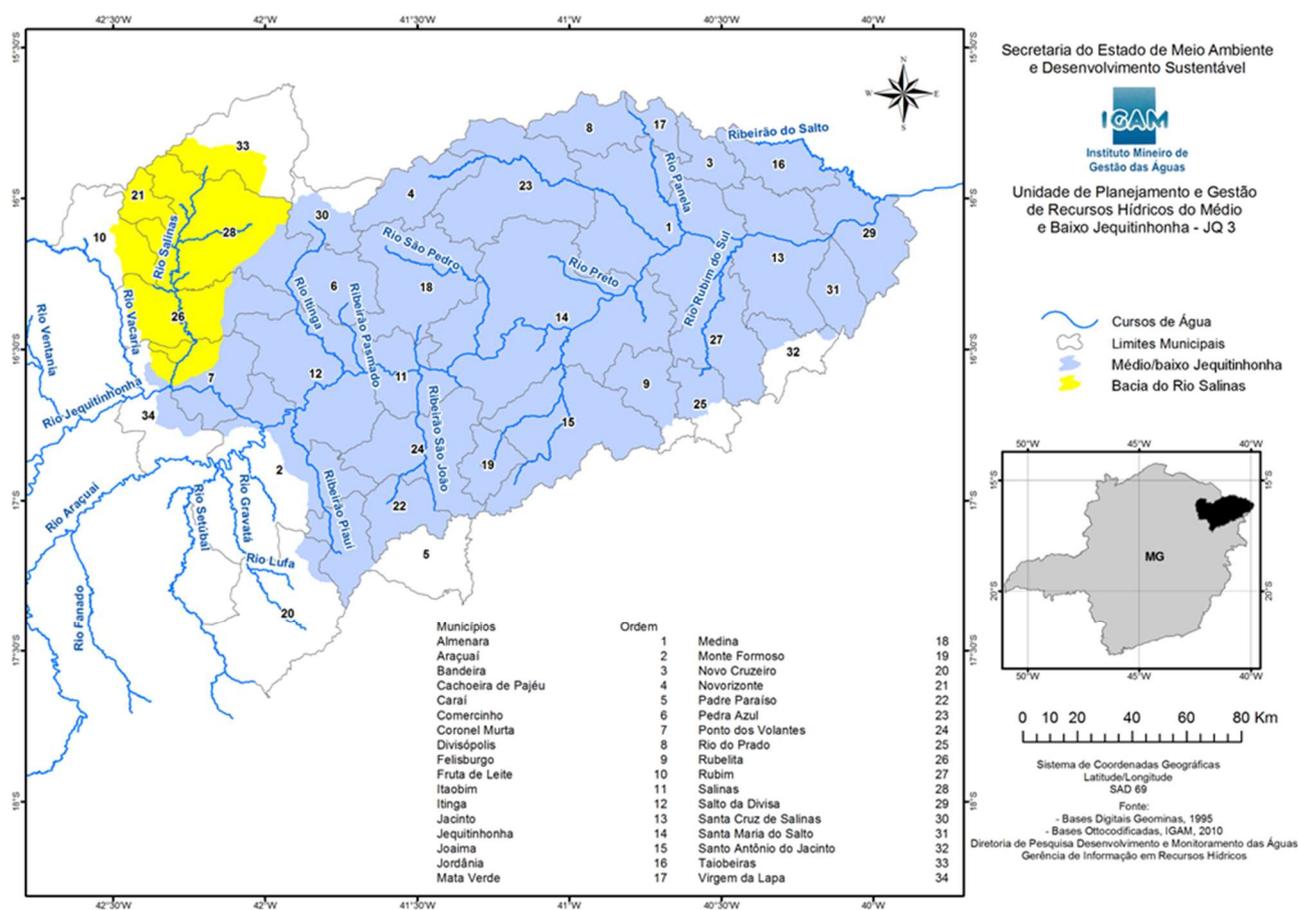
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia compreendeu trabalhos de campo e de escritório, abrangendo a seleção da sub-bacia, a caracterização detalhada da área selecionada, a elaboração do plano de monitoramento hidrológico e a instalação de equipamentos. Nos itens que se seguem, são descritas as áreas de estudo, os dados utilizados e os passos metodológicos seguidos.

### 2.1. Área de estudos

A busca por locais adequados ao monitoramento fluviométrico abrangeu a bacia hidrográfica do rio Salinas, localizada no médio/baixo Jequitinhonha, na região norte-nordeste do Estado de Minas Gerais, conforme ilustrado na Figura 1. Compreende uma área de aproximadamente 3.430 km<sup>2</sup>, situada entre os paralelos 15° e 16° de latitude sul e entre os meridianos 41° e 43° a oeste de Greenwich.

Figura 1 – Localização da área de estudos (Adaptado de IGAM, 2016).



Abrangendo os municípios de Taiobeiras, Salinas, Novorizonte, Fruta de Leite, Rubelita, Coronel Murta e Virgem da Lapa, apresenta características de transição entre os biomas Cerrado e Caatinga, com clima variando entre sub-úmido e semi-árido, classificado majoritariamente, segundo Köppen, como sendo Aw, de inverno seco e verão chuvoso. Segundo dados meteorológicos referentes à estação de Salinas, A temperatura média no verão é de cerca de 33°C e a média de inverno em torno de 18°C. A precipitação média anual é da ordem de 855 mm (MENDES, 2010). A cobertura vegetal natural apresenta fitofisionomias típicas de cerrado, fitofisionomias de transição caatinga/cerrado,

florestas subcaducifólias e caducifólias, caatinga hiperxerófila e formações rupestres (TOLEDO et al., 2009). Com relação aos solos, a classe predominante é a dos latossolos vermelho-amarelos, com ocorrências de cambissolos, podzólicos vermelho-amarelos, solos aluviais e solos litólicos (AMARAL et al., 2004).

A área de prospecção de locais adequados ao monitoramento em questão foi sugerida por estar localizada na região preferencial de atuação do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – INFMG, pela facilidade de acesso e deslocamento em relação ao Campus Salinas do IFNMG e por apresentar carência de dados e estudos hidrológicos de apoio à gestão da água, em relação à qual já são observados conflitos e cenários de escassez, poluição e assoreamento de rios e reservatórios.

## **2.2. Material**

O material utilizado na execução do presente trabalho compreendeu bases digitais de dados geográficos já existentes para a área (Modelo Digital de Elevação de 30 metros de resolução espacial, rede hidrográfica em formato vetorial em escala 1:100.000, mapa de divisão político-administrativa, mapa de solos em escala 1:500.000, imagens orbitais gratuitas dos satélites CBERS 4A), receptor GNSS de “navegação”, software QGIS Desktop v. 3.40, régua linimétrica, medidor de vazão do tipo Molinete Hidrométrico e medidor de nível d’água do tipo linígrafo de pressão.

## **2.3. Métodos**

### **2.3.1. Seleção de locais adequados ao monitoramento fluviométrico**

A seleção de locais apropriados ao monitoramento fluviométrico compreendeu duas etapas distintas: (a) uma de escritório, de prospecção dos locais elegíveis, utilizando-se técnicas de geoprocessamento, e (b) uma de campo, de avaliação *in situ* dos locais previamente identificados na primeira etapa.

Na fase de prospecção, foram delimitadas todas as sub-bacias com área superior a 10km<sup>2</sup> contidas na bacia hidrográfica do rio Salinas. Paralelamente, foi confeccionado, por meio de classificação automática de imagens orbitais, um mapa de uso/cobertura da terra para a referida área. O mapa de sub-bacias foi então sobreposto ao mapa de uso/cobertura da terra e ao mapa de solos, operação por meio da qual cada sub-bacia foi caracterizada quanto às duas variáveis ambientais citadas. Assim, além do limite mínimo de área à montante, foram considerados elegíveis os locais para os quais na área de contribuição se observou a presença dos tipos de solo e de uso/cobertura da terra mais representativos da bacia do rio salinas e/ou da região do médio-baixo Jequitinhonha, com ausência de barramentos ao longo do seu curso d’água principal.

Na segunda fase dessa etapa, os locais pré-selecionados foram visitados, com o objetivo de se verificar a viabilidade real de implementação de uma estação de monitoramento fluviométrico. Foram levados em consideração aspectos práticos segundo recomendações da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2014), como adequabilidade do local (estabilidade de margens e de leito, trechos retos do canal de drenagem, à jusante e à montante do ponto e ausência de remansos, dentre outros), presença de propriedades particulares e concordância de proprietários à instalação de equipamentos, a fim de se reduzir os riscos – furtos ou depredações – a que os mesmos serão expostos, e facilidade logística de acesso à área, dentre outros. Foi selecionado o local reuniu as melhores condições para a sua instrumentação e monitoramento.

### **2.3.2. Caracterização da bacia de contribuição dos locais identificados**

Nesta etapa, a bacia de contribuição do local selecionado foi submetida a uma caracterização

abrangendo os meios físico, biótico e antrópico. Foram refinados os mapas de solo e de uso/cobertura da terra, a partir do que, juntamente com incursões a campo, buscou-se um maior nível de conhecimento a respeito dessas duas variáveis na área. Os tipos de vegetação natural e as culturas presentes na área foram analisados e descritos, tendo-se por base o Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha (BRASIL, 1997) e incursões a campo. Quanto ao meio antrópico, foram levantados dados a respeito das atividades desenvolvidas na área e dos usos da água praticados na mesma.

### **2.3.3. Instrumentação e monitoramento hidrológico**

No local selecionado, foi instalada uma estação de monitoramento fluviométrico, composta por um conjunto de réguas linimétricas, devidamente niveladas verticalmente e alinhadas ortogonalmente ao fluxo de água da drenagem, e por um linígrafo de pressão com registro automático de dados. Foi instalada também uma micro-ponte improvisada, para apoio às medições de vazão em condições de nível d'água elevado.

O monitoramento fluviométrico na seção instalada consistiu em campanhas regulares mensais de medição da vazão, de leitura do nível d'água por meio das réguas linimétricas e de descarregamento dos dados de nível d'água registrados no linígrafo automático. Campanhas intempestivas específicas também foram empreendidas, para a medição de vazões durante ou após a ocorrência de eventos extremos (ou continuados) de chuva.

Para as medições de vazão, foi utilizado um micro-molinete fluviométrico e sua equação para a conversão de pulsos (ou rotações completas da hélice) em valores de velocidade de fluxo; medida à diferentes profundidades e em diferentes pontos (“verticais”) ao longo de uma linha perpendicular ao fluxo da água entre as margens da seção. As vazões totais foram calculadas pelo Método da Meia Seção e pela equação da continuidade (ANA, 2016). Neste método, são calculadas as áreas representativas para a velocidade média medida em cada vertical. Com os valores de áreas parciais e de velocidade média de fluxo são calculadas as vazões parciais; que somadas correspondem à vazão total do rio no momento da medição. Os valores de vazão total, juntamente com a medições do nível d'água nas réguas linimétricas e pelo linígrafo, foram utilizados para ajuste de uma curva-chave para a estação fluviométrica instalada.

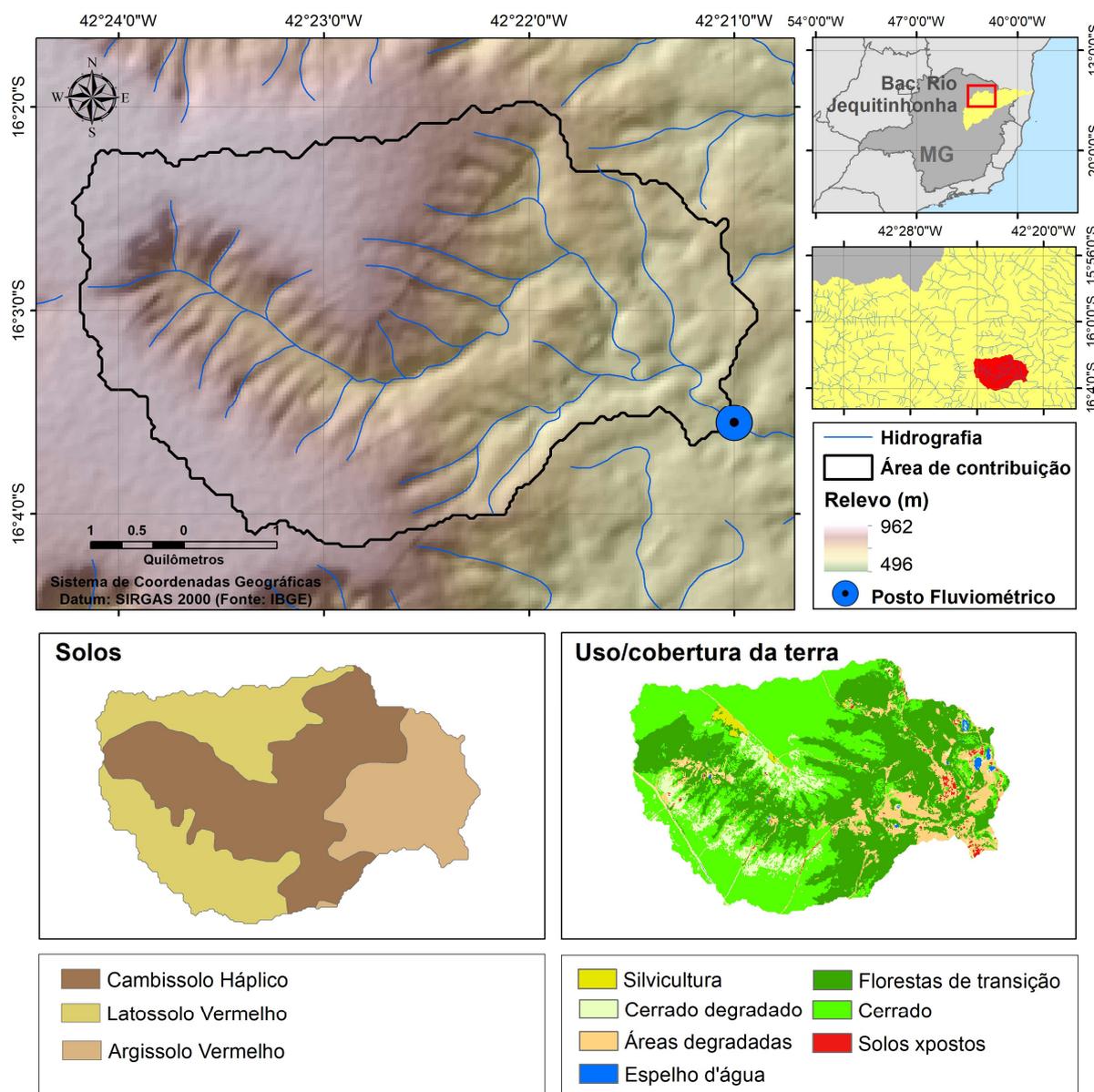
## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após a prospecção remota inicial, foram identificados alguns locais preliminarmente aptos à implantação de um monitoramento fluviométrico contínuo. As visitas em campo foram associadas a informações, levantadas junto a moradores das localidades, sobre perenidade de fluxos, barramentos e geometria/forma do canal da drenagem e de margens. Constatou-se, a partir daí, que a grande maioria dos cursos d'água na região apresenta comportamento intermitente e, quando perene, possui barramentos de regularização de vazão. Embora possivelmente exista um número maior de locais elegíveis (e logisticamente viáveis), a identificação dos mesmos não é tão simples, demandando um trabalho intenso de expedições de reconhecimento e de diálogo com as populações, sobretudo, de áreas rurais e de difícil acesso. Nesse contexto, decidiu-se pela escolha daquele que melhor reuniu as condições físicas e operacionais; localizado entre os municípios de Salinas e Novorizonte, em um pequeno curso d'água denominado Ribeirão Almécegas (Figura 2).

A bacia de contribuição do local selecionado possui cerca de 16,6 km de extensão e encontra-se localizado em uma região sob tipo climático Bsw, segundo Köppen (1936), caracterizado por uma estação seca entre março e outubro, e uma estação chuvosa concentrada entre os meses de novembro e fevereiro (ALMEIDA-SOUZA et. al, 2024). As precipitações médias anuais são inferiores a

1.000mm. O relevo é predominantemente plano, com, no entanto, áreas de forte declividade ao longo de boa parte do talvegue e da rede de drenagem secundária. Os solos ocorrentes compreendem a classe dos latossolos (majoritária) e a classe dos cambissolos, mas há “manchas” de classes ainda não identificadas no mapeamento disponível para a área (escala 1:500.000). Na bacia são encontradas formações de cerrado, como cerrado *strito sensu* e formações campestres, e também formações de mata atlântica, como Mata Seca e fitofisionomias de transição.

Figura 2 – Local selecionado e características de sua área de contribuição.



O local selecionado se localiza a cerca de 15 km do Campus Salinas do IFNMG, com mais de 95% de acesso pavimentado e localizado entre duas propriedades rurais, às quais foi concedido acesso pelos seus respectivos proprietários. Na Figura 3 são apresentados o seu aspecto geral, os trabalhos de instrumentação e de medição de vazões.

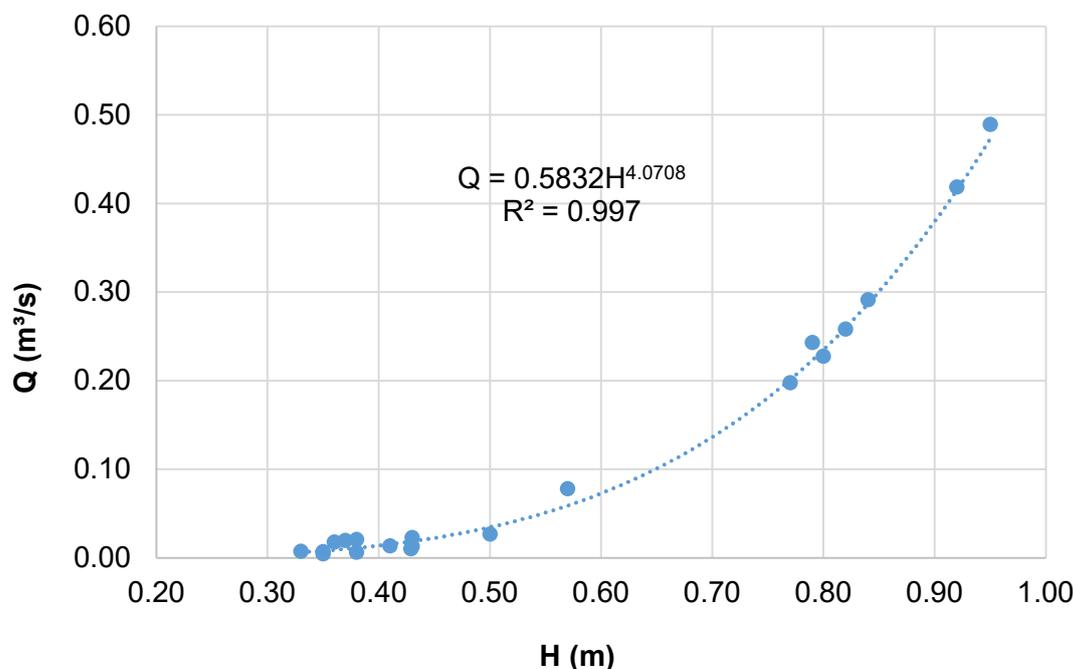
Figura 3 – Estação fluviométrica no ribeirão Almécegas



Em dois anos de monitoramento fluviométrico, foram realizadas 20 campanhas de medição de vazão, abrangendo períodos de estiagem, períodos chuvosos e eventos extremos específicos. A curva

chave ajustada a partir dos valores calculados de vazão e de leituras de cota d'água encontra-se apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Curva-chave para a estação fluviométrica Ribeirão Almécegas.



O ajuste (modelo potencial) apresentou Coeficiente de Determinação (0,997) e Índice de Nash-Sutcliffe (0,973) próximos a um; resultados considerados excelentes. No entanto, embora tenha apresentado viés (Bias) não significativo (-0,001), apresentou Erro Percentual Absoluto Médio de 35%; indicando deficiências do modelo para vazões baixas (MORIASI et al., 2007).

Apesar do relativo sucesso do trabalho até então executado, que se expressa na, agora, disponibilidade de dados antes inexistentes e na qualidade média satisfatória da curva-chave ajustada, dificuldades relevantes foram enfrentadas durante o percurso, como (a) usos não controlados da água do curso, que podem representar porção significativa das vazões totais em períodos de estiagem, (b) interrupções parciais do canal por produtores rurais, por meio de galhos e folhas, para a geração de represamentos a serem utilizados na dessedentação de animais, (c) forte presença de solos rasos associados à pouca cobertura vegetal, que ocasiona rápida resposta da bacia de contribuição à eventos intensos de precipitação, que por sua vez dificultam a medição e conhecimento dos limites superiores de vazões possíveis para a seção monitorada e, ao mesmo tempo, favorece a prevalência de baixas vazões na maior parte do ano. Associado a este último caso, foi constatado também que a existência de processos impactantes causadores de erosão e geração de sedimentos na bacia de contribuição pode ocasionar uma grave consequência ao curso d'água e ao monitoramento do mesmo: as frequentes baixíssimas vazões não conseguem transportar com eficiência a carga de sedimentos aportados durante/após eventos extremos de precipitação. Atribui-se a esse encadeamento de processos o assoreamento parcial, em fevereiro de 2025, da seção fluviométrica instalada; o que demandará uma mudança do ponto de monitoramento e, conseqüentemente, causará a perda relativa de todo o trabalho até então executado.

#### 4. CONCLUSÕES

O primeiro desafio ao monitoramento de vazões naturais no semiárido norte mineiro e no Vale do Jequitinhonha é a escassez de locais apropriados para isso, uma vez que a grande maioria dos cursos d'água é intermitente e/ou possui fluxo regularizado por meio de barramentos. Existem locais/cursos elegíveis nesse sentido, mas a sua identificação requer um profundo conhecimento geográfico da área ou um extenso trabalho de incursões a campo. Por outro lado, após a definição do local para o monitoramento, as dificuldades encontradas podem dificultar e até mesmo inviabilizar a acurácia e a continuidade do trabalho, como as baixíssimas vazões em grande parte do ano, por vezes no limite da margem de erros dos instrumentos e métodos de medição, usos não controlados da água que podem representar relevante fração da vazão efluente e possibilidade de perda da seção de monitoramento devido à baixa capacidade dos sistema em transportar sedimentos aportados após eventos extremos de precipitação – característicos nas regiões em questão.

#### AGRADECIMENTOS

- O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (projeto APQ-02065-18, Edital 001/2018 Demanda Universal);
- Ao IFNMG – Campus Salinas, pelo apoio logístico à execução dos trabalhos de campo.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA-SOUZA, P. A.; OLIVEIRA, C. H. DE; BRITO, L. P.; TEIXEIRA, T. J.; CELESTINO, I. A.; PENHA, G. B.; SANTOS, R. M.; Mendes, W. M.; RIBEIRO, B. M.; CAMPOS, F. S. *High Frequencies of kdr Mutation and Chikungunya Infection in Aedes aegypti Population from Minas Gerais, Brazil*. *Pathogens* 2024, 13, 1–14. Disponível em: [<https://www.mdpi.com/2076-0817/13/6/457>]. Acesso em: 03 fev. 2025.

AMARAL, F. C. S.; SANTOS, H. G.; ÁGLIO, M. L. D.; DUARTE, M. N.; PEREIRA, N. R.; OLIVEIRA, R. P.; CARVALHO JUNIOR, W. *Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais*. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n. 63, 97 f. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/965988>. Acesso em: 21 jun. 2025.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. *Manual de hidrometria: medição de vazões em canais abertos e fechados*. Brasília: ANA, 2016. 140 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Diagnóstico ambiental da bacia do Rio Jequitinhonha – diretrizes gerais para a ordenação territorial*. Salvador, 1997. 64 p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/brasil/mg/jeceaba/pesquisa/21/29749>. Acesso em: 21 jun. 2025.

CECÍLIO, R. A., OLIVEIRA, F. G., PRUSKI, F. F., & SILVA, D. D. (2018). *Hidrologia: ciência e aplicação* (3ª ed.). Universidade Federal de Viçosa.

GALIZONI, Flávia Maria; RIBEIRO, Eduardo Magalhães; LIMA, Vico Mendes Pereira; GOMES, Natalino Martins; SILVA, Emília Pereira Fernandes da. “*Vozes da seca*”: *lavradores, mediadores e*

*poder público frente à estiagem no Semiárido do Jequitinhonha mineiro*. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, v. 55, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/dma.v55i0.73756>. Acesso em: 21 jun. 2025.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha - JQ3*. [2016]. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-jequitinhonha/jq3-cbh-dos-afluentes-mineiros-do-medio-e-baixo-rio-jequitinhonha/1168-conheca-a-bacia-jq3>. Acesso em: 23 abr. 2016.

LELIS, T. S., NEVES, C. S. V. J., & ALMEIDA, D. C. (2020). *Avaliação ambiental com base em indicadores físico-hídricos: estudo de caso em bacias hidrográficas do Sudeste do Brasil*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 25, e12.

MENDES, A. F. *Contextualização e interdisciplinaridade na utilização da Matemática no estudo de fenômenos climáticos e meteorológicos*. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) — Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/12497>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MORIASI, D. N. et al. *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*. Transactions of the ASABE, v. 50, n. 3, p. 885-900, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.13031/2013.23153>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PAIVA, R. C. D. et al. *Advances and challenges in the water sciences in Brazil: a community synthesis of the XXIII Brazilian Water Resources Symposium*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 25, e50, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200136>. Acesso em: 17 jun. 2025.

PINHEIRO, M. A. C., ANDRADE, M. M. C., & SILVA, J. P. (2020). *Diagnóstico da qualidade ambiental urbana da bacia do Tucunduba (Belém/PA), utilizando indicadores de saneamento*. Revista Espacios, 41(25), 1–11.

TOLEDO, L. O.; ANJOS, L. H. C.; COUTO, W. H.; CORREIA, J. R.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F. *Análise multivariada de atributos pedológicos e fitossociológicos aplicada na caracterização de ambientes de cerrado no norte de Minas Gerais*. Revista Árvore, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 957–968, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/Y6yCrN4bdfjzFs55pxjP46n/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

VLAH, M. J.; ROSS, M. R. V.; RHEA, S.; BERNHARDT, E. S. *Leveraging gauge networks and strategic discharge measurements to aid the development of continuous streamflow records*. Hydrology and Earth System Sciences, v. 28, p. 545–573, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-28-545-2024>. Acesso em: 19 jun. 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Guide to Hydrological Practices (No 168), vol. I: Hydrology – From Measurement to Hydrological Information*. Genebra: WMO, 2008. Disponível em: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3414](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3414). Acesso em: 21 jun. 2025.