

MONITORAMENTO INTEGRADO DA BARRAGEM DA UFSCAR: QUALIDADE DA ÁGUA, SEDIMENTOS E DADOS CLIMATOLÓGICOS

Caiany S. da Silva¹; Gabriel L. Moraes²; Jaqueline F. Pierasso³; Manuela S. Posca⁴; Cali L. Achon⁵; Gabriel D. Sacchi⁶; Giuliana S. Oliveira⁷ & Maria C. Fava⁸

RESUMO – A barragem localizada no campus sede da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) foi construída na década de 1970. Em 2013, após episódios de precipitação intensa, observou-se uma elevação significativa do nível da represa, o que levou à inclusão da área no sistema de monitoramento da Defesa Civil. Em 2017, foram identificados danos na estrutura da barragem. Com o aumento da frequência de eventos climáticos extremos associados às mudanças climáticas, a situação passou a representar risco tanto para a estrutura quanto para as pessoas que circulam na área. Diante desse cenário, a universidade optou pelo descomissionamento da barragem, com a proposta de renaturalização do córrego e criação de um parque linear. Para subsidiar esse processo, é fundamental o monitoramento integrado de dados climatológicos, parâmetros físico-químicos da água e concentração de sólidos, incluindo a avaliação de potenciais processos erosivos a jusante do barramento. Este trabalho apresenta a proposta de quatro projetos de Iniciação Científica (Ensino Médio) que, em conjunto, criaram um banco de dados e uma interface de visualização para compreender a dinâmica da bacia, apoiar a tomada de decisão e promover a transparência por meio da disponibilização dos dados ao público.

Palavras-Chave – Análises Ambientais, Recursos Hídricos, Descomissionamento, Visualização de Dados.

ABSTRACT– The dam located on the main campus of the Federal University of São Carlos (UFSCar) was built in the 1970s. In 2013, following episodes of intense rainfall, a significant rise in the reservoir level was observed, which led to the inclusion of the area in the Civil Defense monitoring system. In 2017, structural damage to the dam was identified. With the increasing frequency of extreme weather events associated with climate change, the situation came to pose a risk both to the structure and to people circulating in the area. In light of this scenario, the university decided to decommission the dam, proposing the renaturalization of the stream and the creation of a linear park. To support this process, integrated monitoring of climatological data, physicochemical water parameters, and solid concentrations is essential, including the assessment of potential downstream erosive processes. This work presents the proposal of four Scientific Initiation (high school level) projects, which, together, created a database and a visualization interface to understand the dynamics of the watershed, support decision-making, and promote transparency through public data availability.

Key-words – Environmental Analysis, Water Resources, Decommissioning, Data Visualization.

¹) E. E. Jesuíno de Arruda, R. Santa Gertrudes, S/N - Vila Sônia, São Carlos - SP, 13572-215, simonicaiany@gmail.com

²) E. E. Jesuíno de Arruda, R. Santa Gertrudes, S/N - Vila Sônia, São Carlos - SP, 13572-215, gabrielmoraes04122009@gmail.com

³) E. E. Jesuíno de Arruda, R. Santa Gertrudes, S/N - Vila Sônia, São Carlos - SP, 13572-215, jaquelinefpierasso@gmail.com

⁴) E. E. Jesuíno de Arruda, R. Santa Gertrudes, S/N - Vila Sônia, São Carlos - SP, 13572-215, poscamanu3@gmail.com

⁵) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, caliachon@ufscar.br

⁶) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, gabrielsacchi@ufscar.br

⁷) E. E. Jesuíno de Arruda, R. Santa Gertrudes, S/N - Vila Sônia, São Carlos - SP, 13572-215, giulianaoliveira@prof.educacao.sp.gov.br

⁸) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

INTRODUÇÃO

A barragem localizada no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) foi construída na década de 1970. Em 2002, a barragem precisou de intervenção devido a um problema com a comporta que servia para evitar sobrecarga pelo excesso de água e o consequente risco de rompimento. Em 2013, após episódios de precipitação intensa, observou-se uma elevação significativa do nível da represa, o que levou à inclusão da área no sistema de monitoramento da Defesa Civil. Em 2017, foram identificados danos estruturais (Lustosa, 2021), evidenciando a vulnerabilidade da barragem frente ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos associados às mudanças climáticas.

Diante desse cenário de risco, a universidade optou pelo descomissionamento da barragem, associado à proposta de renaturalização do córrego e à criação de um parque linear. A Figura 1a ilustra um episódio recente de transbordamento ocorrido em 2022, evidenciando o potencial risco da estrutura em situações de eventos hidrológicos extremos.



Figura 1 – a) Transbordamento da barragem do lago da UFSCar em 2022. b) Alagamento da Rua Eliza Gonzales Rabelo ao lado do Parque do Kartódromo em 28/12/2022. Fontes: <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/barragem-da-ufscar-transborda-com-chuva-desta-quarta-veja-video/154338/>; <https://www.saocarlosagora.com.br/cidade/rua-ao-lado-do-parque-do-kartodromo-e-interditada-devido-a-alagamento/154318>

O descomissionamento de uma barragem significa o processo de finalização de suas atividades, após o qual a barragem não é mais uma estrutura funcional. Para a elaboração de um projeto de descomissionamento ou descaracterização, as informações coletadas pré-existentes sobre a barragem têm grande importância para facilitar o processo e evitar desperdício de tempo e recurso em um processo que, se não for realizado de forma adequadamente planejada, pode ser falho (Mariano e Silva, 2022). Nesse contexto, destaca-se a importância do acompanhamento de variáveis climatológicas, parâmetros físico-químicos da água e, especialmente, da concentração de sólidos, que desempenham papel central na dinâmica de transporte de sedimentos e nos processos erosivos a jusante.

Os impactos dessas intervenções não se restringem ao interior do campus. O córrego do Monjolinho percorre áreas urbanizadas de São Carlos, e trechos a jusante, como a região do Parque do Kartódromo, apresentam recorrência de alagamentos e processos de assoreamento. A Figura 1b ilustra um evento de inundação registrado nessa região no mesmo dia do transbordamento da barragem, evidenciando a interdependência dos processos hidrológicos ao longo da bacia.

O Córrego do Monjolinho enfrenta diversos desafios ambientais e urbanos, como a crescente impermeabilização do solo, ocupações irregulares em áreas de preservação permanente, ausência de infraestrutura verde e intervenções que alteraram o regime natural de escoamento. O barramento modifica a velocidade da água e favorece o acúmulo de sólidos a montante (Calijuri e Cunha, 2019), que, ao serem remobilizados pela abertura da comporta ou por eventos extremos, podem causar assoreamento, transporte de contaminantes e degradação da biota aquática a jusante.

A renaturalização, embora positiva a longo prazo, exige monitoramento criterioso em sua fase de transição, sobretudo em cursos d'água urbanos e vulneráveis como o Monjolinho. A liberação de sedimentos acumulados pode intensificar a erosão marginal, obstruir trechos canalizados e provocar instabilidade geomorfológica. Além disso, a relação entre sólidos em suspensão, nutrientes e carga orgânica reforça sua importância como indicador da qualidade da água e da saúde do ecossistema.

Nesse contexto, este trabalho apresenta a proposta de quatro projetos de Iniciação Científica de Ensino Médio que, de forma integrada, realizam o monitoramento de variáveis climatológicas, parâmetros de qualidade da água e concentração de sólidos ao longo das quatro estações, em pontos a montante e a jusante da barragem. Os dados são sistematizados em banco de dados e disponibilizados em uma interface de visualização, com o objetivo de compreender a dinâmica da bacia, apoiar a tomada de decisão e promover a transparência, subsidiando pesquisas futuras e a formulação de políticas públicas voltadas à gestão integrada de recursos hídricos e ao planejamento urbano sustentável, especialmente em áreas críticas de São Carlos.

METODOLOGIA

Dados Climatológicos

A coleta de dados climatológicos foi realizada a partir da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), código A711, localizada no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), nas coordenadas -21,980278 e -47,883889, a uma altitude de 859,29 m, em operação desde 03 de setembro de 2006. Foram utilizados, neste projeto, dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa, ponto de orvalho, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, radiação solar e precipitação. Adicionalmente, foram considerados os registros de chuva no dia das coletas e

o acumulado pluviométrico dos sete dias antecedentes, com o objetivo de caracterizar melhor as condições hidrometeorológicas e sua influência sobre a dinâmica do sistema hídrico estudado.

Coletas de Amostras de Água

A Figura 2 apresenta a localização da área de estudo e dos pontos de amostragem. As coletas foram realizadas a montante e a jusante da antiga barragem da UFSCar, permitindo avaliar variações na qualidade da água e no transporte de sedimentos. A figura também indica a estação climatológica do INMET (A711), utilizada para caracterização das condições hidrometeorológicas, e a região do Parque do Kartódromo, a jusante, sujeita a alagamentos.

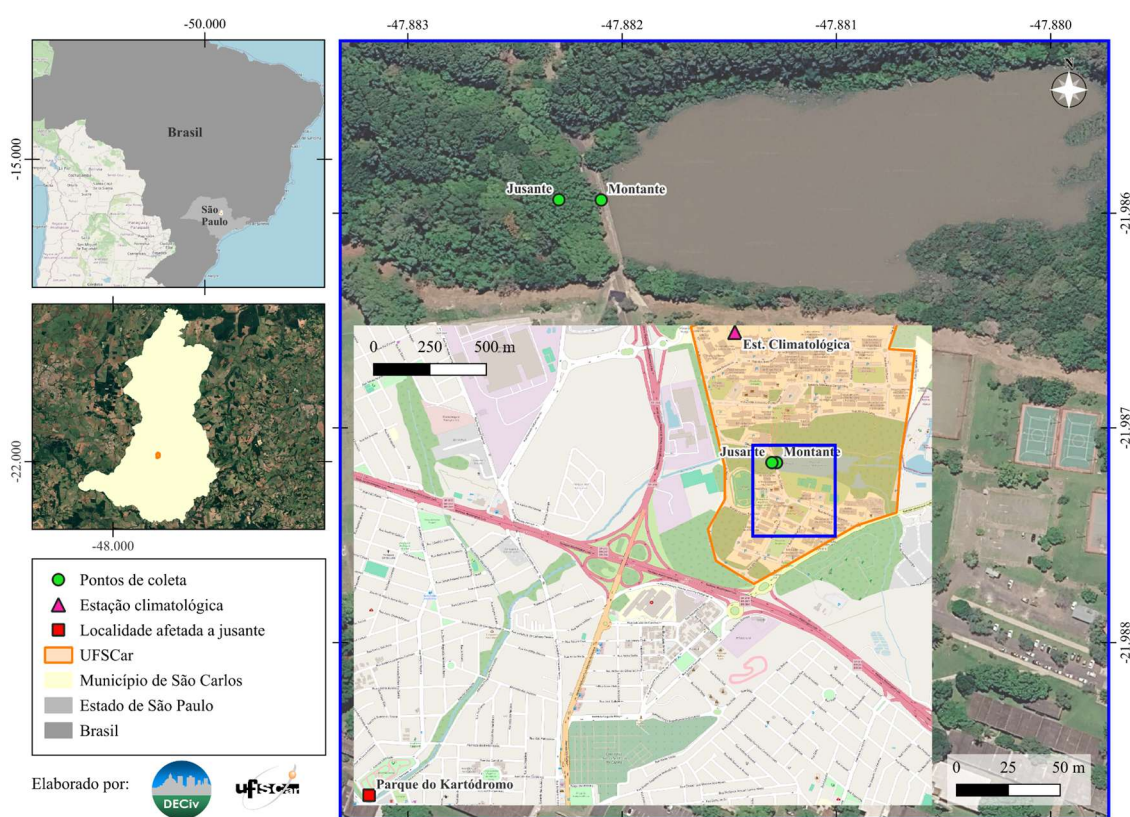


Figura 2 – Localização da área de estudo, pontos de coleta e estação climatológica.

Parâmetros Físico-Químicos

As amostras de água coletadas foram analisadas em triplicata para a determinação dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água: cor aparente, turbidez, pH, condutividade elétrica e temperatura. As análises foram realizadas conforme metodologias padronizadas, apresentadas na Tabela 1, com base na American Water Works Association (2012).

Tabela 1: Métodos utilizados para análise dos parâmetros de qualidade da água do lago

Parâmetro	Unidade	Método ⁽¹⁾	Equipamento
Cor aparente	uC	2120 C	Espectrofotômetro DR2010
Turbidez	NTU	2130 B	Turbidímetro 2100P
pH	-	4500-H+ B	pHmetro W3B - BEL Engineering
Condutividade	us/cm	2510 B	Condutivímetro W12D - BEL Engineering
Temperatura	°C	-	Termômetro Analógico

Sólidos totais e frações (montante/jusante)

Os sólidos presentes na água podem ser classificados de acordo com suas características físicas ou químicas, como exposto na Figura 4.

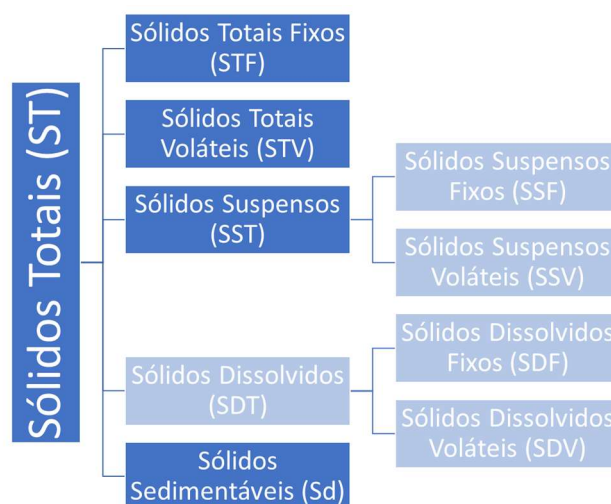


Figura 4 – Sólidos presentes na água e suas frações. Em azul escuro as determinações realizadas na presente pesquisa.

Dada a natureza do projeto, foram realizadas determinações de Sólidos Totais (STF - fixos e STV - voláteis), Sólidos Suspensos Totais (SST) e Sólidos Sedimentáveis (Sd), sendo a análise de SS a única não realizada em triplicata, conforme orientações da American Water Works Association (2012).

Sólidos e erosão a jusante

Para acompanhar a liberação de material sedimentável, retido pela barragem ao longo dos anos, uma nova determinação da concentração de sólidos foi realizada a jusante da comporta. Tais análises, semelhantes às realizadas a montante do barramento, foram realizadas com o objetivo de verificar os efeitos da abertura da estrutura de fundo ao longo do córrego. É importante ressaltar que a coleta para a realização dos ensaios foi realizada a cerca de 100 metros do barramento, distância

relativamente curta, mas que evita a influência sofrida pelo córrego dado o estrangulamento resultante da travessia sob a Avenida do Bosque, popularmente denominada “transfederônica”.

Visualização dos dados

Como parte do projeto, foi desenvolvida uma plataforma de visualização de dados utilizando o *Google Sites*. A ferramenta foi concebida com o objetivo de organizar, sistematizar e disponibilizar os dados obtidos no monitoramento da qualidade da água na represa e no córrego do campus da Universidade Federal de São Carlos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 5 são apresentados os registros fotográficos da represa, nos dias das coletas realizadas.

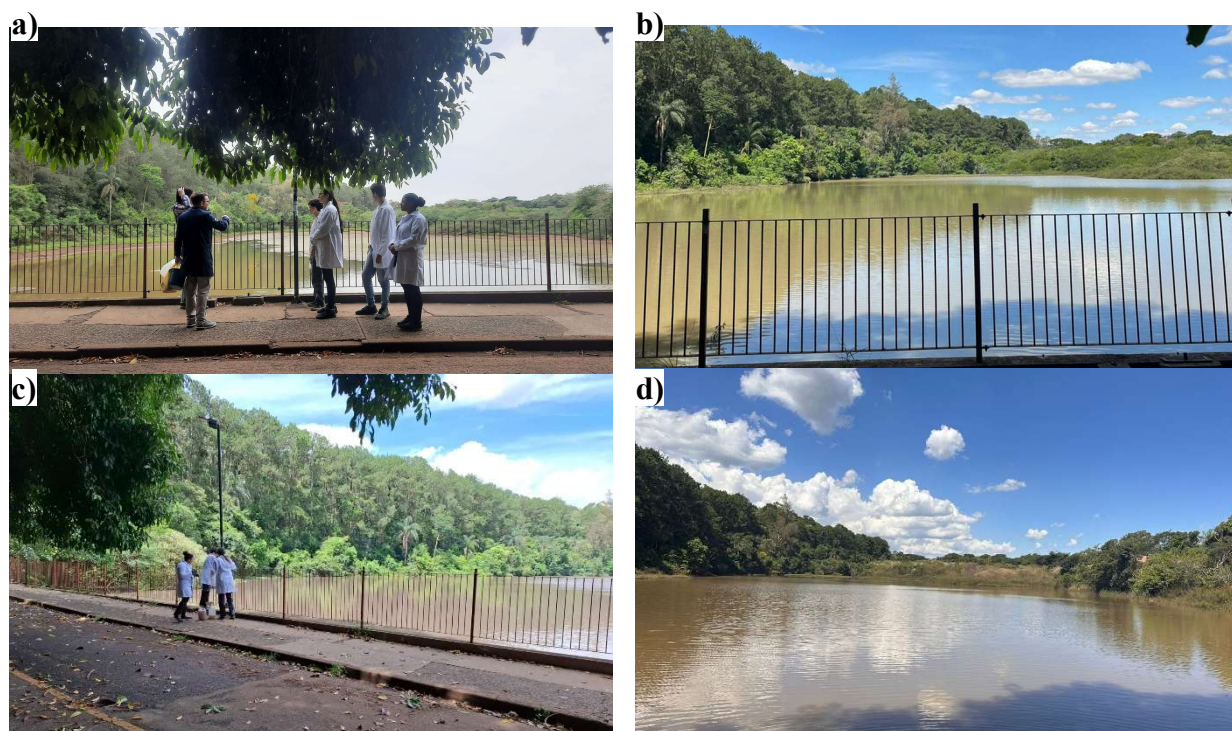


Figura 5 - Registro fotográfico das coletas realizadas. a) 08/10/2025, b) 19/11/2025, c) 10/12/2025 e d) 03/03/2026.

A análise das imagens revela que o nível da represa em outubro (Figura 5a) foi o mais baixo dentre as quatro campanhas de monitoramento. Além disso, as imagens indicam que, na coleta de dezembro (Figura 5c), período de maior precipitação acumulada, a água estava turva, sugerindo o arraste de materiais das regiões de montante.

A Figura 6 ilustra os resultados da determinação de Sólidos Totais e suas frações, correlacionados com a precipitação acumulada nos sete dias anteriores às coletas. Não foi observado

um padrão na porcentagem das frações fixa e volátil nas amostras coletadas a montante do barramento. A fração de sólidos voláteis variou de 33,7 a 90,4%, e a de sólidos fixos, de 9,6 a 66,3%. No que diz respeito à concentração de sólidos suspensos, as variações ficaram entre 14,1 e 53,8%. Essa ausência de padrão também se repetiu nas amostras de jusante.

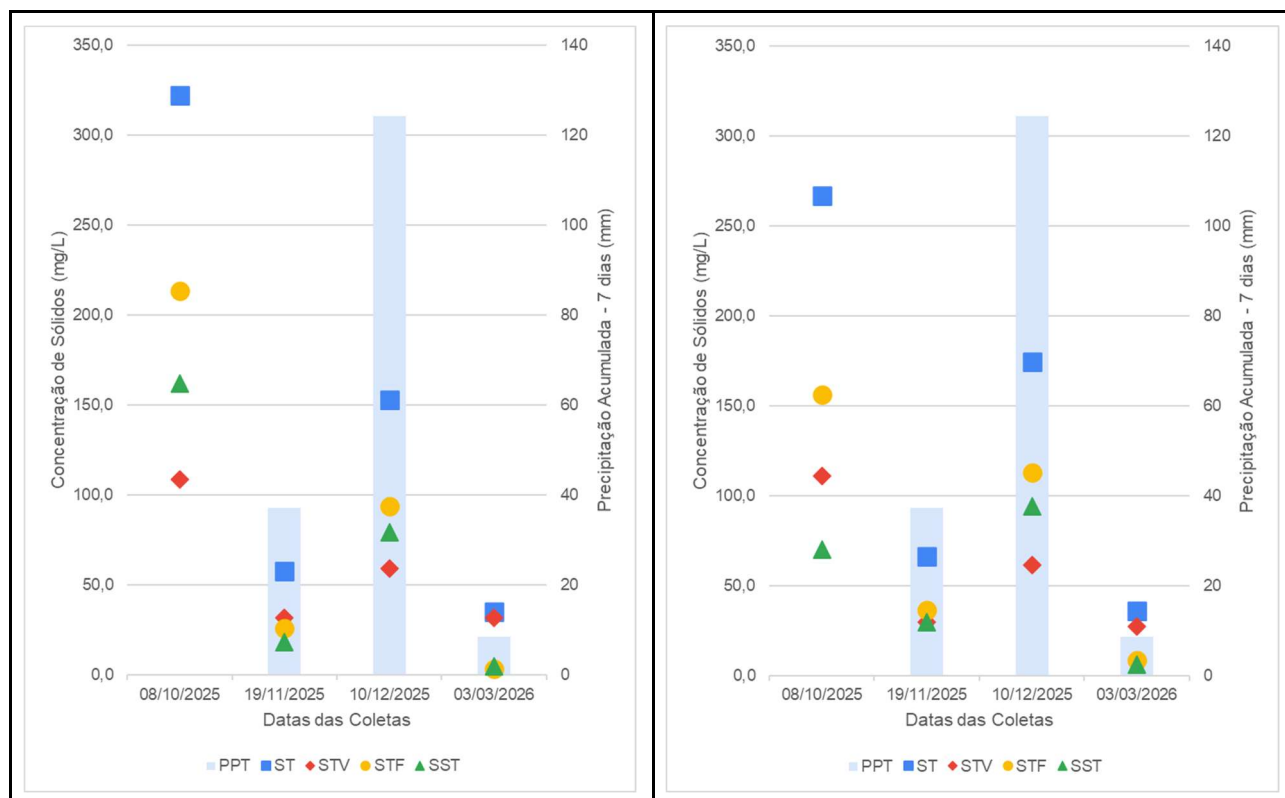


Figura 6 – Concentrações de Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Totais Fixos (STF) e Sólidos Suspensos Totais (SST), associadas à precipitação acumulada nos sete dias anteriores à coleta (PPT), nos pontos localizados a montante e a jusante do barramento (gráficos à esquerda e à direita, respectivamente).

Com exceção da primeira coleta, as concentrações de Sólidos Suspensos Totais (SST) à jusante foram superiores às de montante, indicando um carregamento de sólidos pela comporta. Esse mesmo padrão foi notado na avaliação da concentração de sólidos totais, conforme esperado.

A análise da variação na concentração de sólidos em função da precipitação acumulada nos 7 dias anteriores à coleta revela padrões distintos: no período chuvoso, concentrações mais elevadas de sólidos foram observadas no evento com maior volume de chuva, sugerindo possíveis contribuições de poluição difusa para a represa. Por outro lado, durante a estiagem, a maior concentração de sólidos registrada pode ser correlacionada ao baixo volume de água da represa, um fator que favorece processos de eutrofização (evidenciados pelo aspecto esverdeado da água).

Nas Figuras 7 e 8 são apresentados os resultados obtidos na análise físico-química das campanhas de coleta no córrego e na barragem (represa). Nota-se que ambos os gráficos utilizam uma

escala logarítmica no eixo y. Essa escolha é fundamental para permitir a visualização conjunta de variáveis com ordens de grandeza muito distintas, como o pH (que variou entre 5 e 8) e a cor aparente (que atingiu valores superiores a 1.400).

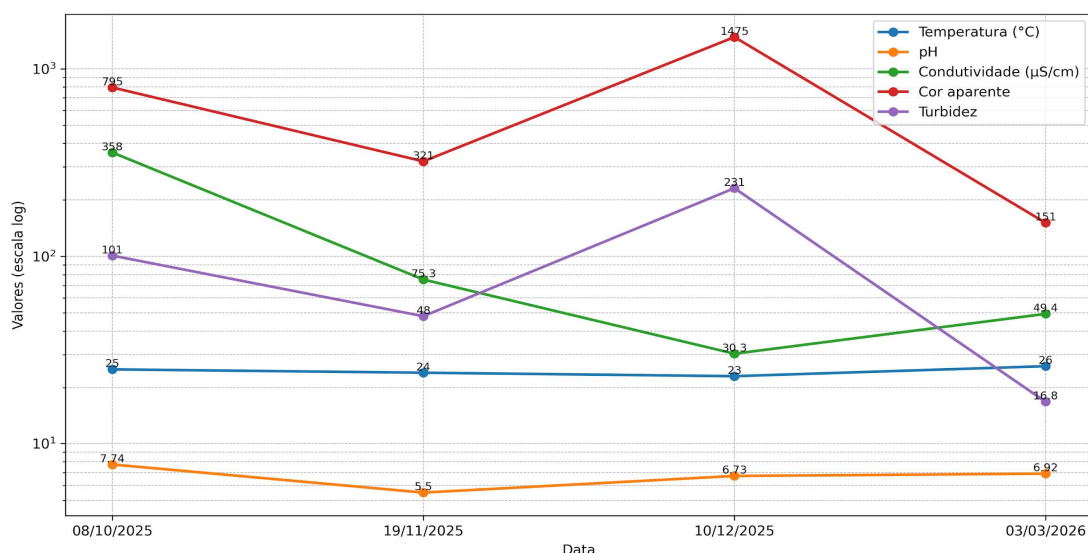


Figura 7 - Gráfico com evolução dos resultados dos parâmetros físico-químicos das amostras do córrego ao longo das campanhas de coleta.

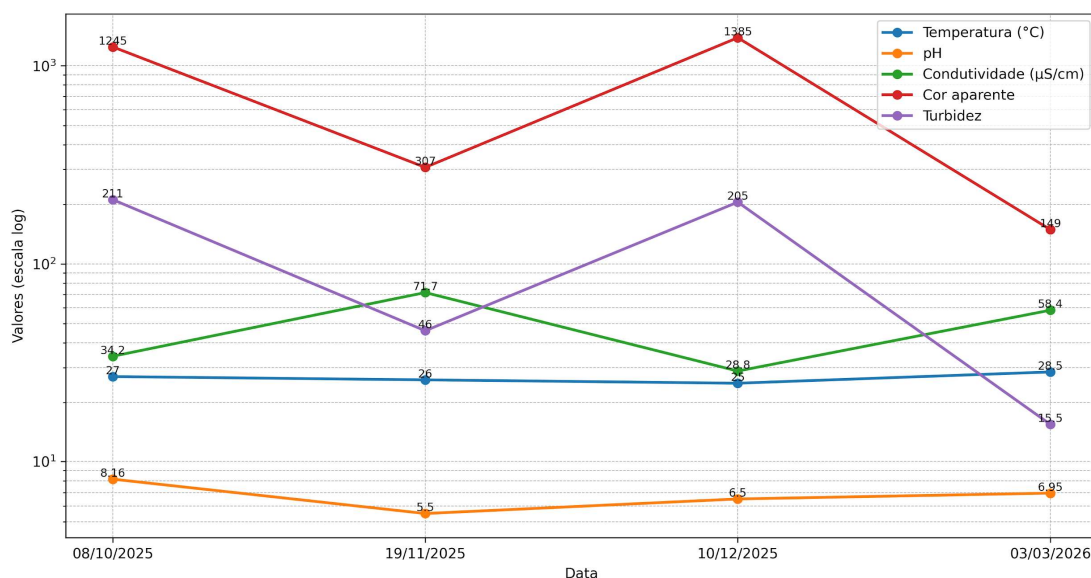


Figura 8 - Gráfico com evolução dos resultados dos parâmetros físico-químicos das amostras da barragem (represa) ao longo das campanhas de coleta.

O monitoramento da qualidade da água durante o descomissionamento da barragem da UFSCar revela uma dinâmica fortemente influenciada por fatores sazonais e intervenções no ambiente, conforme sintetizado nos gráficos comparativos das Figuras 7 e 8. Inicialmente, a primeira coleta em outubro de 2025 apresentou níveis elevados de condutividade, superiores a 340 µS/cm tanto no córrego quanto na represa. Ao longo das campanhas, observou-se uma instabilidade significativa, especialmente na segunda coleta, quando o pH atingiu valores entre 5 e 6, situando-se

temporariamente abaixo da faixa ideal de 6,0 a 9,5 recomendada para a preservação da biodiversidade.

O ponto mais crítico de degradação visual da água ocorreu na terceira coleta, em dezembro de 2025, período em que a cor aparente e a turbidez atingiram seus picos máximos, chegando a 1.475 e 231 no córrego, respectivamente, como ilustrado na Figura 7. Essa alteração está associada a eventos de precipitação intensa e à maior mobilização de sólidos suspensos, que podem prejudicar a fotossíntese e indicar contaminação. Entretanto, a evolução para a quarta coleta, em março de 2026, demonstra uma clara tendência de recuperação e estabilização hídrica, com a turbidez caindo para valores em torno de 15 e o pH retornando a níveis neutros de 6,9. Notavelmente, a Figura 8 destaca que a represa manteve temperaturas superiores às do córrego em todas as etapas, refletindo sua característica de corpo d'água parado, enquanto a convergência dos resultados da última coleta sugere uma resposta positiva do ecossistema ao processo de renaturalização.

Concomitantemente à realização das campanhas de monitoramento, foi desenvolvido o site de visualização de dados do projeto, denominado *Aqualab UFSCar*, disponível em <https://sites.google.com/ufscar.br/aqualabufscar>

A plataforma reúne informações provenientes das campanhas de amostragem, incluindo a descrição dos métodos, a localização dos pontos de coleta e os objetivos do projeto, além dos resultados das análises laboratoriais, registros das condições ambientais e dados climatológicos, permitindo a integração e o armazenamento estruturado dessas variáveis.

A interface foi projetada para facilitar a visualização e interpretação dos dados, promovendo maior acessibilidade às informações geradas e possibilitando o acompanhamento das variações espaço-temporais ao longo do período de estudo. Adicionalmente, a ferramenta contribui para a análise integrada dos resultados, favorecendo a identificação de padrões e relações entre as variáveis monitoradas, como aquelas observadas entre a precipitação e a dinâmica dos sólidos, discutidas neste trabalho.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que o sistema estudado apresenta uma dinâmica da qualidade da água e do transporte de sedimentos fortemente influenciada por fatores sazonais e eventos de precipitação, permitindo inferir possíveis respostas do sistema frente ao futuro descomissionamento da barragem da UFSCar. Observou-se que, especialmente durante períodos chuvosos, há aumento nas concentrações de sólidos, indicando a mobilização de material acumulado

e possíveis contribuições de poluição difusa, enquanto em períodos de estiagem a redução do volume de água favorece a concentração de poluentes e processos de eutrofização.

A análise comparativa entre montante e jusante indica que a abertura da comporta promove o carreamento de sólidos ao longo do córrego, com implicações potenciais para processos de assoreamento, degradação da qualidade da água e impactos a jusante, especialmente em áreas urbanizadas e suscetíveis a alagamentos e inundações, como a região do Parque do Kartódromo.

Nesse contexto, destaca-se a importância do monitoramento contínuo e de longo prazo, de modo a acompanhar a evolução do sistema e identificar possíveis impactos cumulativos associados à liberação de sedimentos e às transformações no uso e ocupação do solo na bacia, bem como do futuro descomissionamento da barragem.

Adicionalmente, a plataforma de visualização de dados desenvolvida no âmbito deste trabalho se mostrou uma ferramenta promissora para a integração, análise e disseminação das informações geradas. Recomenda-se a realização de testes com usuários, incluindo pesquisadores, gestores públicos e comunidade local, com o objetivo de avaliar sua usabilidade, potencial de apoio à tomada de decisão e aprimoramento da interface.

Por fim, destaca-se o potencial de integração entre monitoramento ambiental e ferramentas digitais como estratégia para fortalecer a gestão de recursos hídricos urbanos, promover a transparência dos dados e subsidiar políticas públicas voltadas à mitigação de riscos hidrológicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC-EM (CNPq/UFSCar) pela concessão das bolsas no âmbito do Edital ProPq nº 002/2025.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWWA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th ed. Washington, DC: American Public Health, Association American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.

CALIJURI, Maria do Carmo; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão** (org.). 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019. 685p.

LUSTOSA, Gustavo Ezequiel Delfino Pinto. **Avaliação das vantagens, desvantagens e desafios da renaturalização do lago da Universidade Federal de São Carlos**. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos–SP, 2021.

MARIANO, Daniele Cristina Lopes; SILVA, Juliana Braga. Barragens de terra: características de seus alteamentos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e277111133469-e277111133469, 2022.