

AVALIAÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIO MONJOLINHO (SÃO CARLOS/SP)

Lana Machado Alves¹ ; Stéphanie Maria de Oliveira Lima² ; Fabiano de Assis Souza² ; Ana Beatriz Laluce Vaz² ; Ingrid Thaisa Corsi² ; João Pedro Ribeiro Garcia de Paiva Lopes² ; Lucas Lima Ladeira² & Ole Schmidt³

RESUMO – Os rios urbanos desempenham funções socioambientais essenciais, mas têm sido intensamente impactados pela urbanização, pela ocupação desordenada do solo e pelo aumento das cargas poluidoras. Nesse contexto, este estudo avaliou a relação entre as mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo e a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, localizada nos municípios de São Carlos/SP e Ibaté/SP. Foram utilizados dados do *MapBiomass*, referentes ao período de 2011 a 2024, e dados históricos de qualidade da água da estação *MONJ04400*, disponibilizados pela CETESB/*InfoÁguas*. A análise foi realizada por meio dos softwares *QGIS* e *R*, com aplicação da correlação de Spearman entre as classes de cobertura do solo e os parâmetros pH, fósforo total, sólidos dissolvidos totais e *Escherichia coli*. Os resultados indicaram aumento da manifestação das categorias “Área Urbanizada”, “Mosaico de Usos” e “Agricultura” ao longo do tempo, bem como redução das categorias “Pastagem”, “Corpo d’água” e “Silvicultura”. As correlações demonstraram que áreas urbanizadas, agrícolas e não vegetadas estiveram associadas a parâmetros indicativos de degradação da qualidade da água. Assim, os resultados evidenciam que as alterações dos padrões de uso do solo influenciam a qualidade físico-química e microbiológica da água na Bacia do Rio Monjolinho.

Palavras-Chave – Bacia Hidrográfica; Impactos Ambientais; Riacho Urbano.

ABSTRACT– Urban rivers play essential socio-environmental roles, however, they have been intensely impacted by urbanization, disorganized land occupation, and increasing pollutant loads. In this context, the following study evaluated the relationship between land use, land cover changes and water quality in the Monjolinho River Watershed, located in the São Carlos and Ibaté municipalities /São Paulo State, Brazil. *MapBiomass* data from 2011 to 2024 and historical water quality data from the *MONJ04400* monitoring station, provided by CETESB/*InfoÁguas*, were used. The analyses were carried out using *QGIS* and *R* software, applying Spearman’s correlation between land cover categories and the parameters pH, total phosphorus, total dissolved solids, and *Escherichia coli*. The results indicated an increase in the categories “Urban Area,” “Mosaic of Uses,” and “Agriculture” over time, as well as a reduction in “Pasture,” “Water Body,” and “Forestry”. The correlations demonstrated that urbanized, agricultural, and non-vegetated areas were associated with parameters indicative of a decrease in water quality. Therefore, the results show that land use changes influence the physicochemical and microbiological quality of water in the Monjolinho river watershed.

Key-words – Watershed; Environmental Impacts; Urban Stream.

1) Universidade de São Paulo: Avenida Trabalhador Sancerlense, 400, Parque Arnold Schmidt, São Carlos/SP, CEP: 13566-590, (84) 98638-1992, lana_alves@usp.br

2) Universidade de São Paulo: Avenida Trabalhador Sancerlense, 400, Parque Arnold Schmidt, São Carlos/SP, CEP: 13566-590

3) University of Cologne: Albertus-Magnus-Platz, 50923 Köln, Alemanha

INTRODUÇÃO

Os rios urbanos constituem ecossistemas de grande relevância socioambiental, desempenhando funções essenciais à garantia de abastecimento público de água, provisão de alimentos, composição paisagística, irrigação, recreação e manutenção de processos ecológicos e serviços ecossistêmicos. Contudo, a intensificação das pressões antrópicas, associada à deficiência de mecanismos de controle e à ocupação desordenada do solo, têm contribuído para a degradação progressiva desses ambientes aquáticos (Wang et al., 2020).

A urbanização altera fortemente os processos hidrológicos, biogeoquímicos e ecológicos, intensificando o aporte de nutrientes aos corpos hídricos e modificando suas teias alimentares, o que pode comprometer a capacidade de provisão de serviços (Wiederkehr et al, 2020). Compreender a relação entre o uso da terra e a qualidade da água é crucial para a gestão eficaz de bacias hidrográficas (Pakoksung et al., 2025).

O crescimento desordenado da cidade de São Carlos/SP, ao longo dos últimos quinze anos, foi influenciado pela expansão da fronteira urbana e desenvolvimento de atividades antrópicas modificadoras dos padrões de uso e ocupação do solo. Este processo gerou impacto negativo sobre a integridade ecológica dos córregos do município, bem como sobre seus fragmentos de vegetação nativa (Bere e Tundisi, 2011; Barrilli et al., 2025). Diante disso, este trabalho busca avaliar a correlação entre dados de qualidade de água e a evolução temporal das mudanças no uso e ocupação do solo na bacia do Rio Monjolinho, com o objetivo de contribuir com a produção de informações que subsidiem a formulação de políticas públicas de zoneamento e a tomada de decisão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho possui área aproximada de 275 km², com a maior parte de sua área de contribuição inserida no município de São Carlos e porções no município de Ibaté (Sé, 1992; Campanelli, 2012). Localizada na região centro-norte do Estado de São Paulo, integra o sistema hidrográfico do Rio Jacaré-Guaçu, um dos principais afluentes do Rio Tietê. O clima da região é classificado como Cwb, segundo Köppen, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, com precipitação anual entre 1.200 e 1.500 mm (Sé, 1992; Dornelles, 2006).

O ponto adotado para a caracterização de parâmetros de qualidade da água, de acordo com dados disponibilizados pela plataforma *InfoÁguas*, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), foi admitido como ponto de exutório da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, coordenadas 22°02'06" S e 47°57'27" O, com altitude de 688 m. Este ponto situa-se à jusante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de São Carlos, e o cenário de qualidade de

água encontrado foi considerado representativo dos impactos acumulados a montante, ao longo de toda a bacia.

Uso e ocupação do solo

O processo de caracterização das tipologias de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Monjolinho foi desenvolvido por meio do uso de ferramentas digitais de geoprocessamento, disponibilizadas por meio do software gratuito e de código fonte aberto *QuantumGIS (QGIS®)*.

As ferramentas da extensão *Grass*, do *QGIS*, foram aplicadas à delimitação dos arquivos matriciais e vetoriais da bacia hidrográfica. A base de dados do Projeto *MapBiomias* (Coleção 10, 1985-2024), da série anual de mapas de cobertura e uso da terra no Brasil, foi então consultada com o objetivo de obter informações sobre o uso e ocupação do solo na área de estudo (Souza *et al.*, 2020)

Após a delimitação da bacia hidrográfica, foram realizados recortes espaciais dos arquivos vetoriais (formato *shapefiles*), contendo os dados do *MapBiomias*. Para a análise temporal, selecionou-se o período de 2011 a 2024. Para cada ano analisado, foi elaborado um mapa temático de uso e ocupação do solo, além da quantificação das áreas, em km², correspondentes a cada classe de cobertura. Esses procedimentos permitiram avaliar a dinâmica espacial e temporal das mudanças sobre os padrões de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho ao longo do período estudado.

As categorias de uso e ocupação do solo foram definidas com base na legenda da Coleção 10 do *MapBiomias* Brasil. Para facilitar a interpretação dos resultados, algumas subcategorias foram agrupadas em classes mais amplas, enquanto outras foram analisadas separadamente. Assim, a classe “Agricultura” reuniu as subcategorias citrus, soja e outras lavouras temporárias e perenes, enquanto “Cana-de-açúcar” foi apresentada individualmente devido à sua elevada representatividade na bacia.

Qualidade da água

Os dados de qualidade da água foram obtidos por meio do sistema de monitoramento da CETESB, disponíveis na plataforma *InfoÁguas*, referentes à estação de monitoramento *MONJ04400* (Latitude: 22°02'06''S; Longitude: 47°57'27''W; altitude: 688 m). O monitoramento nesse ponto teve início em 2011, sendo utilizados neste estudo os dados históricos disponibilizados pela plataforma. Foram utilizados dados mensais, obtidos de forma não contínua ao longo da série temporal. A frequência amostral variou entre os anos, com alguns apresentando no mínimo três campanhas de coleta e outros até seis campanhas anuais.

Dentre os atributos monitorados pela CETESB, foram selecionados parâmetros de campo (ocorrência de chuvas nas 24 horas anteriores à coleta), físicos (sólidos dissolvidos totais), químicos (pH, fósforo total) e microbiológicos (*Escherichia coli*).

Análise estatística dos dados

A análise estatística foi realizada por meio do *software R (versão 4.5.3)*, com base na elaboração de gráficos e aplicação de análises de correlação entre os dados de uso e ocupação do solo e os parâmetros de qualidade da água (*R Core Team, 2020*). Os dados não apresentaram distribuição Normal (avaliada por meio do Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk), com a aplicação do coeficiente de correlação de Spearman (não paramétrico) para avaliar a associação entre os conjuntos de variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Alterações temporais na cobertura do solo e na qualidade da água

Para análise da série histórica do uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Monjolinho, além dos dados tabelados, elaboraram-se mapas de uso e ocupação comparativos entre o ano inicial de análise (2011) e o ano final (2024), apresentados na Figura 1, e um gráfico comparativo da evolução da área no ano inicial e final, Figura 2.

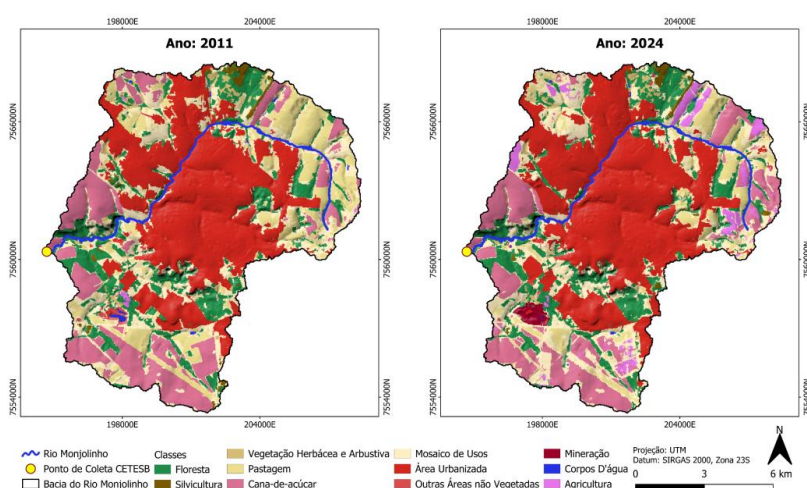


Figura 1 – Uso e Ocupação do Solo de 2011 e 2024 da bacia do Rio Monjolinho (Fonte: modificado de MapBiomias - Uso e Cobertura).

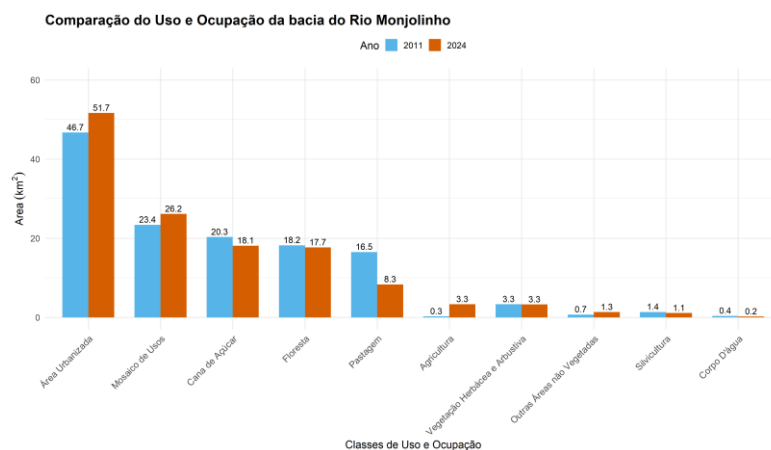


Figura 2 – Comparação do Uso e Ocupação da bacia do Rio Monjolinho entre os anos 2011 e 2024.

Ao longo da série histórica, houve a predominância das categorias “Área Urbanizada”, a qual passou de 46,71 km² em 2011 para 51,65 km² em 2024, e “Mosaico de Usos”, com 23,39 km² em 2011 e 26,16 km² em 2024 (aumento de 10,6% e 11,8%, respectivamente). Em seguida, a classe “Cana-de-açúcar” configurou-se como a terceira maior em extensão territorial na bacia, embora tenha apresentado redução de 20,32 km², em 2011, para 18,12 km², em 2024, equivalente a diminuição de 10,8% de cobertura.

A categoria “Mosaico de Usos”, segundo a classificação do MapBiomas Brasil, corresponde a áreas de uso agropecuário em que não foi possível distinguir, por meio do processo de sensoriamento remoto aplicado, os diferentes tipos de ocupação, principalmente entre agricultura e pastagem. Essa classe também pode incluir áreas periurbanas, como chácaras, sítios e condomínios, além de áreas antropizadas em estágio inicial de regeneração da vegetação nativa.

A classe “Agricultura” apresentou o maior aumento percentual ao longo da série histórica analisada, com acréscimo de 1.199,3%. No entanto, apesar desse crescimento expressivo, sua representatividade na composição da área da bacia permaneceu reduzida, correspondendo a apenas 2,53% da área total. Por outro lado, as classes que apresentaram as maiores reduções percentuais foram “Pastagem” (-49,5%), “Corpo d’água” (-40,0%) e “Silvicultura” (-19,8%).

Com relação à qualidade da água, os dados temporais mostraram variabilidade no período analisado, conforme apresentado na Figura 3, a seguir.

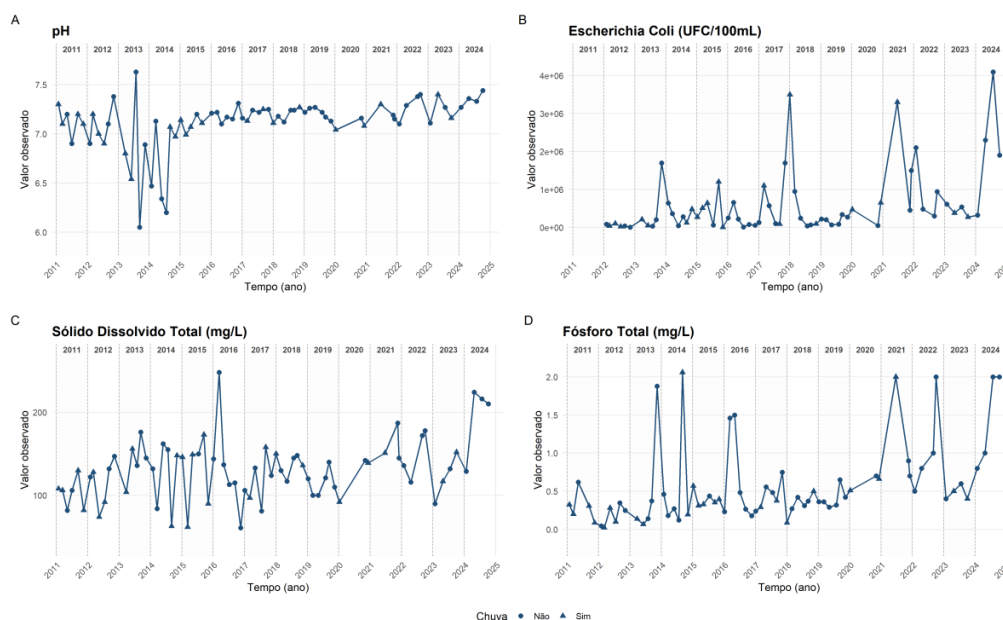


Figura 3 – Variação temporal dos parâmetros de qualidade da água no período 2011-2024. (A) pH; (B) concentração de *Escherichia coli* (UFC/100 mL); (C) Sólidos dissolvidos totais (mg/L); e (D) Fósforo total (mg/L). Os símbolos indicam amostragens realizadas em períodos com e sem ocorrência de chuva (Fonte: Plataforma *InfoÁguas*, CETESB).

Os dados de pH (Figura 3, A) apresentaram menor variação em comparação aos demais parâmetros, mantendo-se entre 7,0 e 7,5 ao longo do tempo. Entre 2013 e 2014 ocorreram oscilações mais acentuadas, apresentando inclusive o menor valor (6,2) dentre a série.

As concentrações de *Escherichia coli* (Figura 3, B) apresentaram uma maior variação temporal em comparação com o pH, sendo a maior concentração $> 4 \times 10^6$ UFC/100 mL. Estes aumentos por vezes coincidiram com a ocorrência de precipitação nas últimas 24hrs, o que pode ser associado tanto ao escoamento superficial durante os períodos chuvosos, configurando-se como aporte difuso, como também ao lançamento de esgoto doméstico sem o tratamento adequado (Suslovaite *et al.*, 2023; Orr *et al.*, 2023; Pakoksung *et al.*, 2025).

Os teores de sólidos dissolvidos totais (Figura 3, C) apresentaram variação moderada ao longo do período, com valores geralmente entre 80 e 180 mg/L, embora alguns picos tenham ultrapassado 250 mg/L. Observa-se tendência de aumento gradual nos anos mais recentes, especialmente após 2021. Este comportamento pode indicar maior aporte de sais dissolvidos, sedimentos finos e matéria orgânica provenientes do escoamento superficial e da intensificação das atividades antrópicas na bacia (Tanaka *et al.*, 2021; Da Silva Siqueira *et al.*, 2023). Os picos observados em períodos chuvosos sugerem influência da precipitação sobre o transporte de partículas dissolvidas e materiais alóctones para o ambiente aquático (Talib e Randhir, 2023; Haas *et al.*, 2025).

Por fim, os dados de concentração de fósforo total (Figura 3, D) também apresentaram variabilidade temporal e tendência de aumento ao longo dos anos. Durante os primeiros anos da série, os valores permaneceram, no geral, inferiores a 0,5 mg/L, porém ocorreram picos esporádicos já a partir de 2013. Após 2020 observa-se aumento mais consistente das concentrações, incluindo valores superiores a 2 mg/L e um pico próximo de 3 mg/L em 2025. Este aumento do teor de fósforo pode estar relacionado ao uso de fertilizantes agrícolas, erosão do solo, lançamento de efluentes domésticos e transporte de material particulado durante eventos de chuva (Tanaka *et al.*, 2021; Yuan *et al.*, 2021; Da Silva Siqueira *et al.*, 2023). Este parâmetro requer atenção, pois o aumento da concentração do fósforo pode favorecer processos de eutrofização e consequentes florações de cianobactérias (Igwaran *et al.*, 2024. Zhang *et al.*, 2025).

Alterações temporais na cobertura do solo e na qualidade da água

Os resultados da correlação de Spearman mostram relações consistentes entre o uso do solo e os parâmetros de qualidade da água, conforme apresentado na Figura 4.

Correlação Spearman entre qualidade da água e uso do solo

Valores são médias anuais dos parâmetros de qualidade. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

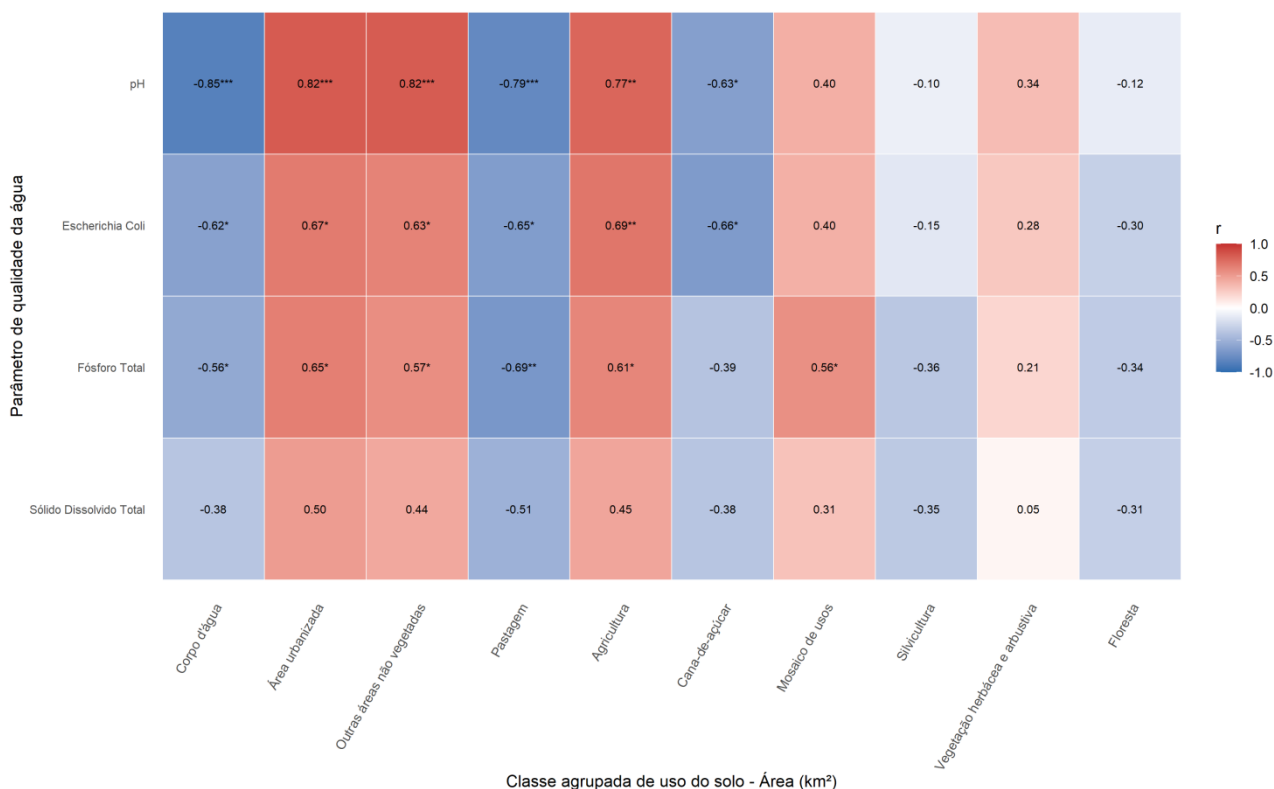


Figura 4 – Correlação Spearman (Fonte: R Core Team)

De modo geral, as classes associadas à urbanização e às atividades agropecuárias apresentaram correlações positivas com os parâmetros indicativos de alteração da qualidade da água. Em contrapartida, as classes relacionadas a um menor grau de antropização, como áreas naturais, especialmente corpos d'água e formações florestais, apresentaram correlações negativas ou de menor magnitude com esses parâmetros. Esse padrão sugere que a intensificação do uso do solo na bacia pode estar associada ao aumento do aporte de nutrientes e contaminantes ao sistema aquático, sendo importante ressaltar que os resultados devem ser interpretados como evidências da associação temporal (Paná *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2025).

O pH apresentou forte correlação negativa com as classes “Corpo d'água” e “Pastagem”, além de correlação negativa moderada com “Cana-de-açúcar”. Em contrapartida, observou-se forte correlação positiva com as classes “Áreas urbanizadas”, “Outras áreas não vegetadas” e “Agricultura”. Esses resultados sugerem que usos do solo mais intensivos podem influenciar as condições químicas do sistema aquático, possivelmente devido ao aporte de efluentes, fertilizantes e sedimentos. Contudo, como o pH também é influenciado por características naturais e locais, como a geologia, não é possível estabelecer uma relação direta exclusivamente com o uso e ocupação do solo.

As concentrações de *Escherichia coli* apresentaram correlações positivas significativas com “Áreas urbanizadas”, “Agricultura” e “Áreas não vegetadas”. Por outro lado, houve correlações negativas com “Corpo d’água”, “Pastagem” e “Cana-de-açúcar”. A relação positiva com urbanização pode indicar influência de lançamento de esgoto doméstico ou deficiência de saneamento, como ligações irregulares, extravasamento ou falhas do sistema de coleta (Da Silva Siqueira *et al.*, 2023; Neumann *et al.*, 2025). Já a associação com agricultura pode refletir aporte difuso de matéria orgânica e contaminação fecal proveniente de atividades rurais (Hirko *et al.*, 2025).

O fósforo total apresentou correlação positiva com “Áreas urbanizadas”, “Agricultura” e “Mosaico de usos”, enquanto apresentou correlação negativa com “Corpo d’água” e “Pastagem”. Esse padrão é coerente com o aporte de nutrientes associado ao uso agrícola e urbano (Da Silva Siqueira *et al.*, 2023; Neumann *et al.*, 2025). O uso de fertilizantes, a erosão do solo e o lançamento de efluentes são fontes de fósforo em ambientes aquáticos (Zhang *et al.*, 2025).

O teor de sólidos dissolvidos totais apresentou correlações moderadas e, em geral, não significativas. Ainda assim, observou-se tendência positiva com “Áreas urbanizadas” e “Agricultura”, além de correlação negativa com “Pastagem”. Embora mais fracas, essas relações sugerem influência do escoamento superficial e do transporte de partículas dissolvidas provenientes de áreas antropizadas (Neumann *et al.*, 2025). Práticas agrícolas de conversão do uso do solo, associadas à remoção de vegetação ripária, têm exposto riachos e rios a múltiplos estressores, com a alteração de padrões hidromorfológicos e de dinâmicas de deposição de sedimentos finos, bem como aporte de nutrientes e agroquímicos, com impacto negativo sobre a estrutura e o funcionamento destes ecossistemas (Taniwaki *et al.*, 2016; Brauns *et al.*, 2022; Pasqualini *et al.*, 2024).

Os resultados indicam que, dentro de uma bacia hidrográfica, a presença e expansão em área de zonas urbanizadas, agrícolas e sem cobertura vegetal podem contribuir negativamente para a alteração da qualidade da água, com influência sobre o aumento da concentração de nutrientes e contaminação microbiológica. Em contraste, a manifestação, ou expansão em área, de fragmentos de vegetação natural e corpos hídricos na bacia pode conter a ocorrência de cenários de degradação (Da Silva Siqueira *et al.*, 2023; Piffer *et al.*, 2021).

As fortes correlações indicam que mudanças no uso e cobertura do solo influenciam a dinâmica bioquímica da bacia e afetam a qualidade da água e a integridade ecológica dos corpos hídricos. Contudo, esses resultados devem ser interpretados considerando que a análise foi realizada a partir de um único ponto de monitoramento, o qual representa as condições integradas da área drenada a montante, mas não contempla toda a heterogeneidade espacial da bacia hidrográfica. Além disso, os impactos dessas mudanças podem ocorrer de forma gradual sobre a qualidade da água, de modo que

as correlações observadas não representam respostas imediatas. Nesse contexto, compreender como e o quanto a urbanização modifica as interações ecológicas em ecossistemas aquáticos é fundamental para a eficiente avaliação de impactos ambientais, e para assim subsidiar estratégias eficazes de gestão e conservação destes ecossistemas (Panagiotis, 2022).

CONCLUSÃO

As mudanças no uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, no período 2011-2024, especialmente a expansão das áreas urbanizadas e agrícolas e a redução de áreas naturais, estiveram associadas a alterações na qualidade da água, evidenciadas pelas correlações observadas entre as classes de uso do solo e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Esses resultados reforçam a importância do planejamento territorial e da conservação da vegetação natural para a proteção dos recursos hídricos, além de destacar a necessidade de monitoramento contínuo e de estudos que integrem análises espaciais e temporais, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável da bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo nº132386/2025-9.

REFERÊNCIAS

- BARRILLI, G. H. C., et al. (2015). Influence of environmental quality of the tributaries of the Monjolinho River on the relative condition factor (Kn) of the local ichthyofauna. *Biota Neotropica*, 15(1).
- BERE, T., TUNDISI, J.G. (2011). The Effects of Substrate Type on Diatom-Based Multivariate Water Quality Assessment in a Tropical River (Monjolinho), São Carlos, SP, Brazil. *Water Air Soil Pollut* 216, 391–409.
- BRAUNS, Mario et al. (2022) A global synthesis of human impacts on the multifunctionality of streams and rivers. *Global Change Biology*. Vol. 28, 16, p. 4783 – 4793.
- CAMPANELLI, L.C. (2012) Zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia hidrográfica do Rio do Monjolinho São Carlos (SP). 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- DA SILVA SIQUEIRA, T., et al. (2023). Evaluating land use impacts on water quality: perspectives for watershed management. *Sustainable Water Resources Management*, 9, 1-24.
- DORNELLES, C. T. A. (2006). Percepção ambiental: uma análise na bacia hidrográfica do rio Monjolinho, São Carlos, SP. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- HAAS, H.; et al. (2025) . Dynamic land-use/cover improves simulations of long-term watershed-scale streamflow and water quality trends. *Journal of Hydrology*, v. 661.

- HIRKO, O.; et al. (2025) The effects of land use on downstream water quality and biodiversity in a changing tropical mosaic landscape. *Landscape Ecology*, v. 40, art. 229.
- IGWARAN, A., et al. (2024) Cyanobacteria Harmful Algae Blooms: Causes, Impacts, and Risk Management. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 235, art. 71.
- NEUMANN, K., et al. (2025). Land use shapes riverine nutrient and sediment concentrations on Moorea, French Polynesia. *Scientific Reports*, 15.
- ORR, I., et al. (2023). The impact of combined sewer outflows on urban water quality: Spatio-temporal patterns of fecal coliform in Indianapolis. *Environmental Pollution*, v. 327.
- PAKOKSUNG, K., et al. (2025) Seasonal dynamics of water quality in response to land use changes in the Chi and Mun River Basins Thailand. 2025. *Sci Rep* 15.
- PANAGIOTIS, T. (2022) The effects of urbanisation on ecological interactions. *Current Opinion in Insect Science*, Volume 52, 2022, 100922, ISSN 2214-5745.
- PASQUALINI, J. et al. (2024). Disentangling effects of multiple agricultural stressors on benthic and hyporheic nitrate uptake. *Biogeochemistry*. 167: 287 – 299.
- PIFFER, P., et al. (2021). Native forest cover safeguards stream water quality under a changing climate. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*.
- PROJETO MAPBIOMAS - Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra no Brasil.
- R CORE TEAM (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- SE', J.A.S. (1992). O Rio Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica como Integradores de Sistemas Ecológicos. 381 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP
- SOUZA et al. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine – Remote Sensing, Volume 12.
- SUSLOVAITE, V.; et al. (2023). Forecasting acute rainfall driven E. coli impacts in inland rivers based on sewer monitoring and field runoff. *Water Research*, v. 244.
- TALIB, A., RANDHIR, T. O. (2023). Long-term effects of land-use change on water resources in urbanizing watersheds. *PLOS Water*, v. 2, n. 4.
- TANAKA, Y., et al. (2021). The impact of tropical land-use change on downstream riverine and estuarine water properties and biogeochemical cycles: a review. *Ecological Processes*, 10, 1-21.
- TANIWAKI, R. H.; et al. (2016). Climate change and multiple stressors in small tropical streams. *Hydrobiologia*. Vol. 793, p. 41 – 53.
- WIEDERKEHR, F. et al. (2020). Urbanisation affects ecosystem functioning more than structure in tropical streams. *Biological Conservation*, Volume 249, ISSN 0006-3207.
- WANG, Y., et al. (2020). Análise e prevenção da poluição de rios urbanos. In, *Journal of Physics: Conference Series*: 1549.
- YUAN, X., et al. (2021). Human disturbance on phosphorus sources, processes and riverine export in a subtropical watershed. *The Science of the total environment*, 769.
- ZHANG, X.; et al. (2025) Spatial–temporal variations of river water quality under human-induced land use changes in large river basins. *Scientific Reports*, v. 15, art. 36955.