

INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE AS TENDÊNCIAS HIDROLÓGICAS NA BACIA DO RIO ITAPETININGA

Grazielly de Souza Silva¹; Natália de Souza Pelinson² & Franciane Mendonça dos Santos³

RESUMO – A bacia hidrográfica do rio Itapetininga está inserida em uma região de usos múltiplos voltados ao abastecimento hídrico, às atividades agropecuárias e à conservação ambiental no estado de São Paulo. Nesse contexto, mudanças no uso e cobertura da terra podem influenciar diretamente a dinâmica da paisagem e os processos hidrológicos da bacia. Assim, este estudo teve como objetivo analisar as mudanças no uso e ocupação do solo entre 1985 e 2024 e avaliar possíveis alterações nas vazões observadas em estação fluviométrica da região. A análise espaço-temporal foi realizada com dados do projeto MapBiomias em ambiente SIG no software QGIS, enquanto os dados hidrológicos foram obtidos na plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA) e analisados por meio de estatísticas descritivas e séries temporais. Os resultados evidenciaram redução das áreas de vegetação nativa e expansão de usos antrópicos, especialmente silvicultura e agricultura, além de maior variabilidade das vazões máximas anuais ao longo das últimas décadas. Conclui-se que as alterações no uso da terra podem estar associadas às mudanças observadas no comportamento hidrológico da bacia.

Palavras-Chave – Uso e ocupação do solo; Recursos hídricos; Bacia do rio Itapetininga.

ABSTRACT– The Itapetininga river basin is located in a region characterized by multiple land uses related to water supply, agriculture and environmental conservation in the São Paulo state, Brazil. In this context, changes in land use may directly influence landscape dynamics and the hydrological processes. Therefore, this study aimed to analyze land use changes between 1985 and 2024 and to evaluate possible streamflow variations observed at a fluvimetric station in the region. The spatio-temporal analysis was carried out using MapBiomias project data processed in a GIS environment with QGIS software, while hydrological data were obtained from the HidroWeb platform of the Brazilian National Water (ANA) and analyzed through descriptive statistics and time series. The results showed a reduction in native vegetation areas and an expansion of anthropogenic land uses, especially silviculture and agriculture, as well as greater variability in annual peak streamflows over recent decades. It is concluded that land use changes may be associated with the observed alterations in the hydrological behavior of the watershed.

Key-words – Land use; Water resources; Itapetininga River Basin.

INTRODUÇÃO

As transformações no uso e cobertura da terra têm provocado alterações significativas na dinâmica ambiental das bacias hidrográficas, especialmente em regiões submetidas à expansão de atividades agropecuárias, silviculturais e urbanas. A substituição da vegetação nativa por usos antrópicos interfere diretamente nos processos hidrológicos, modificando padrões de infiltração,

¹) Universidade Federal de São Carlos: Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 Buri-SP, CEP: 18290-000 , (15) 3256-9017, grazielly@estudante.ufscar.br

²) Universidade Federal de São Carlos: Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 Buri-SP, CEP: 18290-000 , (15) 3256-9017, nataliasp@ufscar.br

³) Universidade Federal de São Carlos: Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12 Buri-SP, CEP: 18290-000 , (15) 3256-9017, francianems@ufscar.br

armazenamento e escoamento da água (Brizotti, 2022). Em áreas urbanizadas, a impermeabilização do solo e a ocupação de setores ambientalmente vulneráveis tendem a intensificar a geração de escoamento superficial e ampliar a suscetibilidade a enchentes e inundações.

Estudos recentes indicam tendência de aumento na intensidade e frequência de chuvas extremas, com potencial de sobrecarga dos sistemas urbanos de drenagem, sobretudo em áreas caracterizadas por elevada impermeabilização e expansão urbana acelerada (Bao *et al.*, 2025). Nesse cenário, a análise integrada entre alterações da paisagem e comportamento hidrológico apresenta relevância para o planejamento territorial, a drenagem urbana e a gestão de recursos hídricos.

A bacia hidrográfica do rio Itapetininga integra a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Paranapanema (UGRHI-14), localizada no sudoeste do estado de São Paulo. A região apresenta predomínio de atividades agropecuárias, áreas de reflorestamento, agricultura irrigada e núcleos urbanos distribuídos ao longo da rede hidrográfica (CBH-ALPA, 2023). Embora a UGRHI-14 ainda apresenta remanescentes expressivos de vegetação natural, predominam usos associados à produção agropecuária, especialmente pastagens, agricultura e silvicultura (CBH-ALPA, 2025; MapBiomass, 2024).

Episódios de cheias e inundações têm sido registrados na região do Alto Paranapanema. Vasconcelos *et al.* (2025) evidenciaram ocorrências de inundações em municípios inseridos na UGRHI-14, com destaque para áreas localizadas próximas à confluência dos rios Itapetininga e Paranapanema, no município de Campina do Monte Alegre. Foram evidenciadas limitações no monitoramento hidrológico regional, relacionadas à baixa densidade de estações pluviométricas e fluviométricas, à descontinuidade das séries históricas e à insuficiência de dados em tempo real para suporte à gestão de riscos hidrológicos.

Na sub-bacia do Baixo Itapetininga, Brizotti (2022) verificou predominância de áreas antropizadas, além da ocorrência de conflitos de uso em Áreas de Preservação Permanente (APPs) associadas principalmente à agropecuária e à urbanização. Foi identificado o comprometimento da vegetação ciliar e das áreas de nascentes, bem como maiores índices de escoamento superficial em setores com baixa capacidade de infiltração e maior fragilidade ambiental, evidenciando a influência das transformações da paisagem sobre os processos hidrológicos locais (Brizotti, 2022).

Em Itapetininga, alterações no uso e cobertura da terra (LULC) entre 2003 e 2023 foram associadas à variabilidade da Temperatura de Superfície Terrestre (TST) e do índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), evidenciando a influência da expansão agropecuária e silvicultural sobre a dinâmica térmica local (Reigota *et al.*, 2026). Paralelamente às alterações

hidrológicas observadas na região, o monitoramento ambiental constitui importante instrumento para avaliação das condições dos recursos hídricos. Matarazzo *et al.* (2025), ao analisarem parâmetros físico-químicos das águas do rio Itapetininga, destacaram a necessidade de acompanhamento contínuo da qualidade da água, considerando a conservação dos ecossistemas aquáticos e os múltiplos usos dos recursos hídricos.

Nesse contexto, técnicas de sensoriamento remoto e geotecnologias têm ampliado a capacidade de análise espaço-temporal das transformações ambientais em bacias hidrográficas. Galvão (2025) destaca a relevância do uso de dados geoespaciais e plataformas de monitoramento ambiental para a análise de dinâmicas territoriais e ambientais em escalas regionais, especialmente para a realização de modelagens hidrológicas confiáveis.

Apesar da relevância ambiental e hídrica da região, ainda são limitados os estudos que integrem análises de mudanças no uso e cobertura da terra com avaliações de tendências hidrológicas de longo prazo na bacia do rio Itapetininga, especialmente sob a perspectiva da hidrologia urbana, da drenagem e da suscetibilidade a inundações. Essa lacuna pode restringir o desenvolvimento de estratégias voltadas ao planejamento territorial, à prevenção de riscos hidrológicos e à gestão integrada dos recursos hídricos. Nesse contexto, destaca-se que a integração entre produtos do projeto MapBiomas, séries históricas de vazão e ferramentas de sensoriamento remoto permite investigar alterações no LULC e suas possíveis relações com o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Itapetininga.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar as mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Itapetininga entre 1985 e 2025, bem como avaliar possíveis alterações no comportamento das vazões observadas em estações fluviométricas da região. Busca-se compreender as relações entre as transformações da paisagem e a dinâmica hidrológica, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento territorial e a gestão de recursos hídricos em áreas suscetíveis a eventos hidrológicos extremos.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Itapetininga, localizada no estado de São Paulo, Brasil. A bacia apresenta relevante importância ambiental e socioeconômica, abrangendo áreas destinadas às atividades agropecuárias, silvicultura, remanescentes de vegetação nativa e zonas urbanizadas (CBH-ALPA, 2025). Na Figura 1, pode ser visualizada a localização da bacia hidrográfica do rio Itapetininga e da estação fluviométrica utilizada no estudo.

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada utilizando os dados da Coleção 10 do projeto MapBiomas, abrangendo o período entre 1985 e 2024. Os dados foram processados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), por meio do software QGIS versão 3.44.9 - Solothurn. Foram avaliadas as principais classes de uso da terra presentes na bacia, como pastagem, silvicultura, formação florestal, soja e mosaico de usos (áreas com mistura de diferentes usos, como agricultura, pastagem e vegetação nativa).

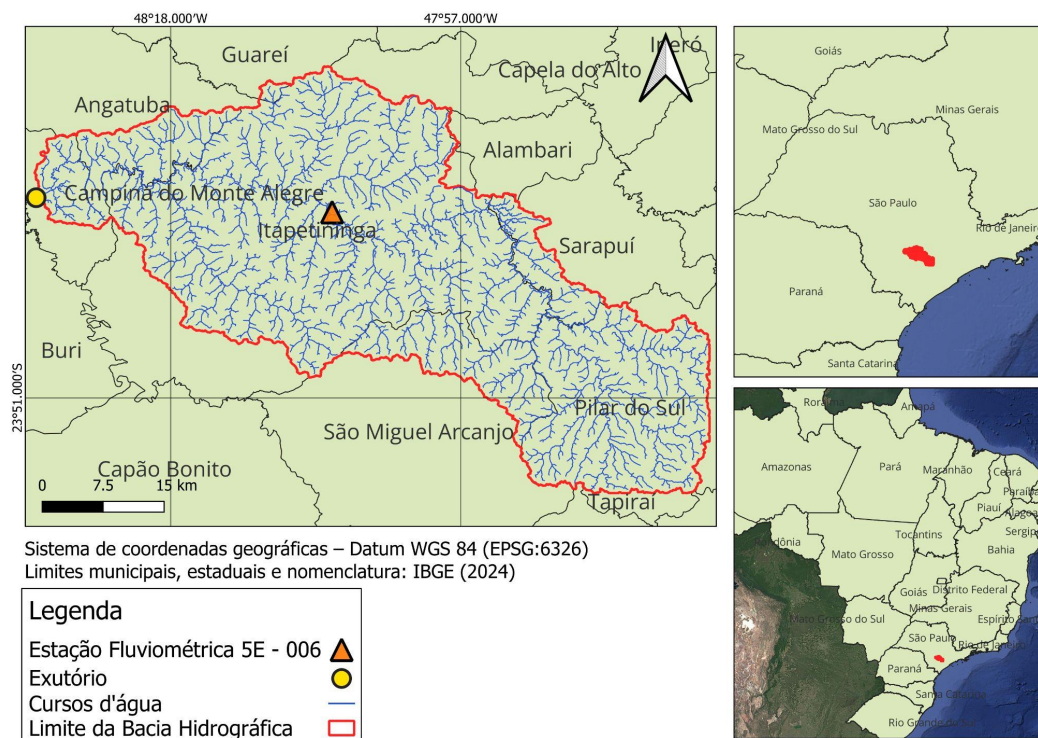


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

A partir das imagens e classificações disponibilizadas pelo MapBiomas, foram elaborados mapas temáticos para diferentes anos da série histórica, permitindo identificar as principais transformações espaciais ocorridas na bacia ao longo do período analisado.

Os dados hidrológicos foram obtidos junto à plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Para a realização do estudo, foi selecionada a estação fluviométrica 5E-006, localizada na bacia do rio Itapetininga, por apresentar série histórica consistente entre 1947 e 2024, estando situada nas coordenadas 23°37'35" S e 48°06'19" W.

A análise hidrológica foi realizada a partir das séries de vazões médias diárias das estações selecionadas. Inicialmente, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e avaliados quanto à disponibilidade e continuidade das séries históricas. Posteriormente, foram calculadas estatísticas descritivas simples das vazões, incluindo valores médios, mínimos e máximos anuais, com o

objetivo de identificar possíveis variações no comportamento hidrológico da bacia ao longo do período analisado. Também foram elaborados gráficos temporais das vazões médias diárias e das médias anuais, permitindo observar tendências e oscilações no regime hidrológico e sua possível relação com as mudanças no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Itapetininga evidenciou mudanças significativas na paisagem entre 1985 e 2025. Observou-se a expansão de áreas destinadas às silvicultura e soja, em detrimento de áreas de vegetação nativa, indicando intensificação das pressões antrópicas sobre a bacia.

A análise dos mapas de uso e cobertura do solo evidencia intensificação gradual da ocupação antrópica na bacia entre 1985 e 2024 (Figura 2).

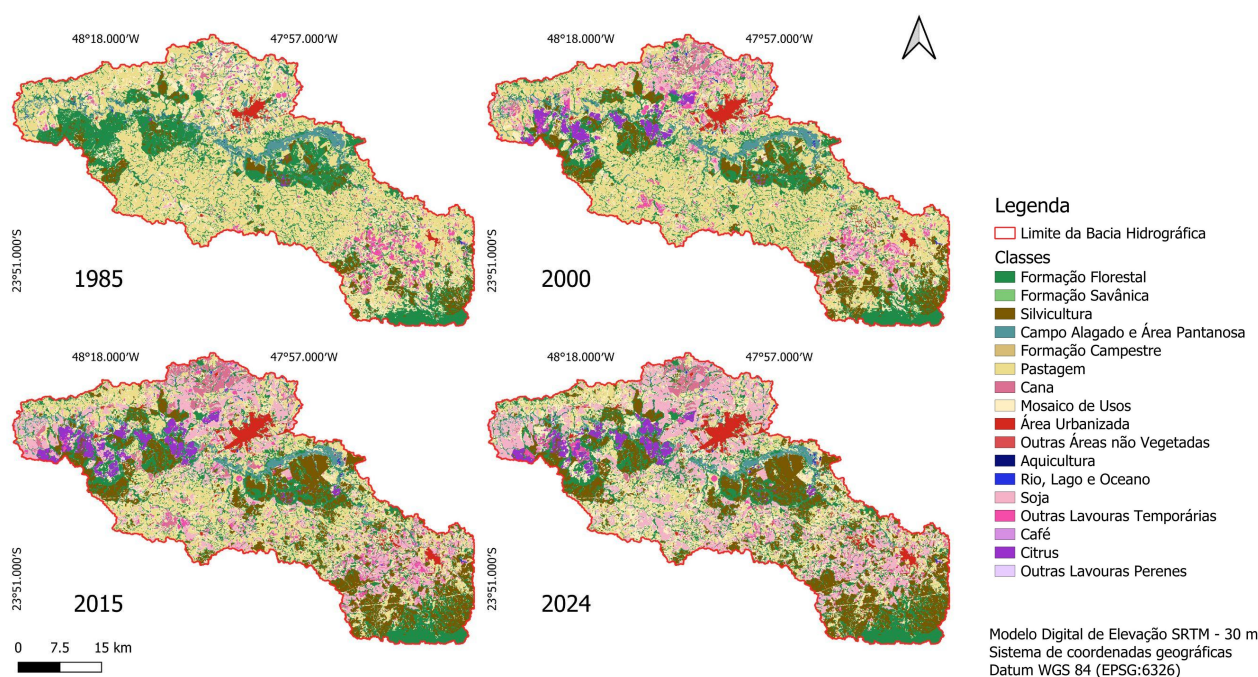


Figura 2 – Uso e ocupação do solo dos anos estudados

Em 1985, predominavam áreas de pastagem e mosaicos de usos associados a remanescentes mais contínuos de formação florestal e savânica. Nesse período, as áreas agrícolas apresentavam menor extensão e distribuição mais dispersa. No ano de 2000, é possível observar uma expansão das atividades agropecuárias, com aumento das áreas agrícolas e da silvicultura, acompanhado pela fragmentação da vegetação nativa, principalmente nas porções centrais da bacia. Já em 2015 e 2024, verifica-se consolidação da ocupação agrícola, com expansão mais expressiva de culturas

temporárias, especialmente soja e cana-de-açúcar, além da ampliação das áreas de silvicultura em setores específicos.

Comparativamente, nota-se redução da continuidade das formações naturais ao longo do período analisado, enquanto as áreas agrícolas passaram a ocupar parcelas cada vez maiores da bacia. Tais alterações de LULC indicam maior pressão antrópica sobre a paisagem, podendo favorecer o aumento do escoamento superficial, da fragmentação ambiental e da irregularidade hidrológica da bacia.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores de área ocupada por cada classe de uso do solo ao longo da série histórica analisada. Observou-se a expressiva expansão das áreas destinadas à silvicultura, que passou de 131,80 km² em 1985 para 430,42 km² em 2024, representando um aumento de aproximadamente 226,6%, e ao cultivo de soja, cuja área aumentou de 7,59 km² para 406,93 km² no mesmo período, correspondendo a um crescimento de aproximadamente 5261%.

Tabela 1 – Área (km²) por classes de uso e cobertura do solo ao longo dos anos

Classes	1985	2000	2015	2024
Formação Florestal	593,45	458,23	458,64	462,81
Formação Savânica	0,99	3,98	3,99	2,69
Silvicultura	131,80	232,53	403,46	430,42
Campo Alagado e Área Pantanosa	116,94	97,85	84,89	78,84
Formação Campestre	2,94	0,90	0,30	0,20
Pastagem	1.023,10	911,28	487,08	277,83
Cana	9,51	22,27	77,21	39,53
Mosaico de Usos	430,11	385,11	396,52	522,48
Área Urbanizada	23,08	42,42	54,46	64,11
Outras Áreas não Vegetadas	5,32	2,47	2,85	3,54
Rio, Lago e Oceano	10,09	10,87	8,38	8,80
Soja	7,59	105,46	285,73	406,93
Outras Lavouras Temporárias	83,00	106,18	93,00	74,10
Cítrus	2,59	60,11	80,21	65,08
Outras Lavouras Perenes	0,01	0,86	3,75	2,95
Café	0,00	0,00	0,01	0,04
Aquicultura	0,00	0,01	0,07	0,17

Em contrapartida, houve redução de áreas de vegetação nativa, especialmente da Formação Florestal, que diminuiu de 593,45km² para 462,81km², indicando uma redução aproximada de

22,0%. Essas mudanças podem influenciar diretamente os processos hidrológicos, afetando infiltração, escoamento superficial e disponibilidade hídrica.

De forma semelhante ao observado na presente pesquisa, Reigota et al. (2026) também identificaram expansão das áreas de agricultura e silvicultura e redução das áreas de pastagem em Itapetininga entre 2003 e 2023. Além disso, os autores observaram associação entre o avanço da silvicultura e a redução da Temperatura de Superfície Terrestre (TST), bem como maior ocorrência de eventos térmicos extremos a partir de 2014, evidenciando a influência das mudanças no uso da terra sobre a dinâmica ambiental regional.

Essas alterações na cobertura e uso do solo podem refletir diretamente no regime hidrológico da bacia, influenciando o comportamento das vazões ao longo do tempo. Nesse contexto, a análise da série histórica de vazão possibilitou a observação de variações no comportamento hidrológico da estação fluviométrica analisada ao longo do período de estudo. Observa-se maior variabilidade nas vazões máximas anuais em relação às vazões médias e mínimas, evidenciada pela ocorrência de picos expressivos ao longo da série histórica (Figura 03).

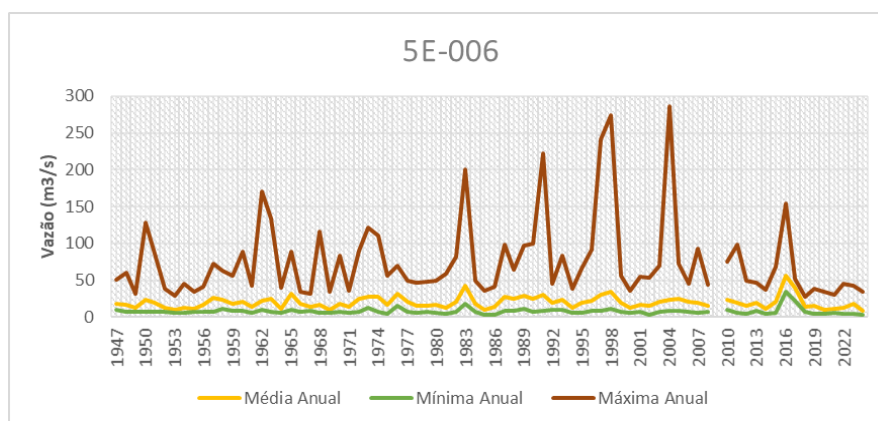


Figura 3 – Série histórica das vazões médias, máximas e mínimas (m³/s)

A partir da década de 1980, verifica-se aumento mais acentuado das máximas anuais, com eventos de destaque nos anos de 1983, 1992, 1997–1999, 2004 e 2018, indicando intensificação de eventos hidrológicos extremos e maior irregularidade do regime de vazões. Já as vazões mínimas apresentam oscilações mais acentuadas a partir da década de 1990, com destaque para um pico isolado próximo de 2017. Essas mudanças no comportamento das vazões podem estar relacionadas às alterações no uso e cobertura do solo ocorridas ao longo das décadas analisadas.

Essas mudanças no comportamento das vazões podem estar relacionadas às alterações no uso e cobertura do solo ocorridas ao longo das décadas analisadas, as quais favorecem alterações nos processos de infiltração e escoamento superficial. Estudos desenvolvidos na região também

registraram episódios expressivos de inundação associados a eventos extremos de precipitação, como a enchente ocorrida em 2016 na bacia do rio Itapetininga, evidenciando a vulnerabilidade hidrológica regional frente às mudanças ambientais e climáticas (Galvão, 2025).

A expansão de áreas agropecuárias e a redução da vegetação nativa podem ter contribuído para o aumento do escoamento superficial, redução da infiltração da água no solo e respostas hidrológicas mais rápidas da bacia, favorecendo a ocorrência de picos de vazão mais intensos, principalmente a partir das décadas de 1980 e 1990.

Além disso, a maior variabilidade observada nas vazões médias e mínimas após os anos 2000 pode indicar alterações na capacidade de infiltração, armazenamento hídrico e recarga subterrânea da bacia ao longo do tempo. Essas modificações podem estar relacionadas tanto às mudanças no uso do solo quanto à intensificação de processos de degradação ambiental, influenciando diretamente a dinâmica do regime hidrológico local.

O boxplot das vazões anuais (m^3/s) (Figura 04), agrupadas por década, permite a visualização da mediana, da dispersão dos dados, dos valores mínimos e máximos e da ocorrência de valores extremos (outliers) ao longo da série histórica analisada. Além disso, a média das vazões anuais é indicada pelo símbolo losango (bordas azuis).

Na estação 5E-006, observa-se aumento gradual da variabilidade das vazões anuais ao longo do período analisado, sobretudo a partir da década de 1980. Esse comportamento pode ser identificado pela ampliação da dispersão dos dados e pelo aumento da diferença entre os valores mínimos e máximos registrados em cada década. Além disso, nas décadas de 1990 e 2010, foram registrados valores máximos mais elevados, enquanto, na década de 2010, verificou-se a ocorrência de um valor extremo, indicando maior irregularidade no regime hidrológico da bacia.

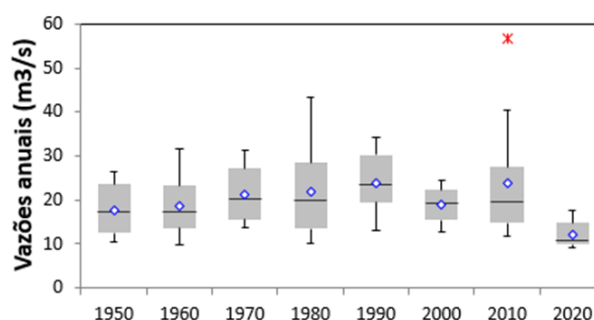


Figura 4 – Boxplot das vazões anuais (m^3/s) agrupadas por década.

Embora tenham sido observadas oscilações nas medianas e médias das vazões ao longo da série histórica, nota-se que, nas décadas mais recentes, os eventos de maior magnitude passaram a ocorrer de forma mais intensa e variável. Dessa forma, infere-se que a dinâmica hidrológica da

bacia vem sofrendo alterações ao longo do tempo, especialmente no que se refere à resposta do sistema aos eventos de precipitação.

Nesse contexto, tais alterações podem estar relacionadas às mudanças no uso e cobertura da terra na área de drenagem da estação, principalmente em função da expansão das atividades agropecuárias, da substituição da vegetação nativa e da intensificação do manejo do solo. Com a redução da cobertura vegetal, tende a ocorrer diminuição da infiltração e da capacidade de retenção hídrica do solo, favorecendo o aumento do escoamento superficial e respostas hidrológicas mais rápidas aos eventos de chuva. Como consequência, podem ser intensificados processos erosivos, o transporte de sedimentos e o assoreamento dos canais fluviais.

Em conjunto, os resultados reforçam a influência das mudanças no uso e cobertura do solo sobre a dinâmica hidrológica da bacia. Em áreas mais modificadas, tendem a ser observadas vazões mais irregulares e maior ocorrência de eventos extremos de cheia. Nessas condições, a menor capacidade de armazenamento de água no solo também pode comprometer a manutenção das vazões nos períodos secos, aumentando a suscetibilidade da bacia às variações climáticas e às pressões antrópicas ao longo do tempo.

CONCLUSÕES

O uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Itapetininga evidenciou intensas transformações na paisagem entre 1985 e 2024, marcadas principalmente pela expansão das áreas de silvicultura e agricultura, especialmente soja, em detrimento das áreas de vegetação nativa e pastagem. Essas mudanças refletem o avanço das atividades antrópicas sobre a bacia e indicam maior pressão sobre os recursos naturais e os processos ambientais locais.

Os resultados hidrológicos demonstraram aumento da variabilidade das vazões ao longo das décadas, sobretudo das vazões máximas anuais, com ocorrência mais frequente de eventos extremos a partir da década de 1980. A maior irregularidade observada no regime hidrológico sugere relação com as alterações no uso e cobertura do solo, uma vez que a redução da vegetação natural tende a modificar processos como infiltração, retenção hídrica e escoamento superficial.

Dessa forma, os resultados reforçam a influência das mudanças no uso da terra sobre a dinâmica hidrológica da bacia do rio Itapetininga, evidenciando a necessidade de planejamento territorial e conservação ambiental voltados à manutenção da estabilidade hidrológica e à redução da vulnerabilidade da bacia frente a eventos extremos.

REFERÊNCIAS

BAO, Z.; WU, Y.; HE, W.; SHE, N.; LI, Z. (2025). Intensified Rainfall, Growing Floods: Projecting Urban Drainage Challenges in South-Central China Under Climate Change Scenarios. **Applied Sciences** (Switzerland), 15(21). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app152111577>. Acesso em: 16 mai. 26.

BRIZOTTI, C. S. (2022). **Análise dos conflitos de uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente e do escoamento superficial na sub-bacia do baixo Itapetininga, Estado de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Ourinhos, SP. 51 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/235677>. Acesso em: 16 mai. 26.

CBH-ALPA. COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA (2025). **Relatório de situação dos recursos hídricos: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Paranapanema – UGRHI-14: 2025**, ano base 2024. Piraju, SP: Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, 2025. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-ALPA/30734/rs-cbhalpa-final.pdf>. Acesso em: 16 mai. 26.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomas** – Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>

GALVÃO, P. R. (2025). **Modelagem hidrológica da bacia de contribuição da confluência dos rios Itapetininga e Paranapanema**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar Lagoa do Sino). Buri, SP. 65 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.14289/21621>. Acesso em: 16 mai. 26.

MATARAZZO, A. O.; SANTOS, E. C.; RIBEIRO, I. A.; MOREIRA, L. G. C. (2025). **Diferença da composição da água ao longo do curso do Rio de Itapetininga por meio monitoramento e controle de poluição hídrica. Itapetininga, SP**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Paula Souza - ETEC Prof. Edson Galvão (Curso Técnico em Química). Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/41899>. Acesso em: 16 mai. 26.

REIGOTA, C.; OURIQUES, R. Z.; AZEREDO, G. A.; PEREIRA FILHO, W. (2026). Temperatura de Superfície Terrestre em Itapetininga – SP: variabilidade sazonal e interanual sob mudanças no uso e cobertura da terra (2003–2023). **Raega - O Espaço Geográfico Em Análise**, 65(1), 137–156. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/raega.v65i1.101707>. Acesso em: 16 mai. 26.

VASCONCELOS, A. F.; SANTOS, J. C.; CILTO, G. G.; GALVÃO, P. R.; FAVA, M. C.; MENEZES FILHO, F. C. M.; BASSANELLI, H. R.; PEREIRA, C. E.; TOMASELLA, J. (2025). Contribuições da ciência cidadã para o gerenciamento de riscos de inundações: o caso de Campina do Monte Alegre - SP. In In: SOUTO, R. D. (org.). **Estudos de caso em mapeamentos colaborativo e participativo**. Rio de Janeiro: Editora IVIDES 2025. 1ª edição, 573 p. (1. Ed., pp. 303–334). Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16808938>. Acesso em: 16 mai. 26.