

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DAS TENDÊNCIAS HIDROLÓGICAS ASSOCIADAS AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA SUB-BACIA DO ALTO PARNAÍBA

Anália Maria Gomes Pereira¹, Karollaine Tereza Souza e Silva², Aline de Araújo Nunes³, Ana Letícia Pilz de Castro⁴, Aníbal da Fonseca Santiago⁵, Múcio André dos Santos Alves Mendes⁶, Tamara Daiane de Souza⁷ & Mila Correa Sampaio⁸

Abstract:

This study investigated the relationship between land use and land cover changes and hydrological trends in the Upper Parnaíba sub-basin, focusing on the Sítio do Velho (MA) and Barra do Lance (PI) streamflow stations. The analysis was based on historical streamflow and precipitation data (1985–2023), integrated into a Geographic Information System (GIS) and assessed using the non-parametric Mann-Kendall test. Results revealed negative trends in minimum and mean streamflows at Sítio do Velho, and in maximum, mean, and minimum streamflows at Barra do Lance. Regarding precipitation, four out of six stations associated with Sítio do Velho showed decreasing trends, while the two associated with Barra do Lance exhibited no significant changes. Land use and land cover analysis indicated a substantial increase in agricultural and urban areas, suggesting a strong anthropogenic influence on local hydrological dynamics. These findings underscore the need for environmental restoration strategies to ensure the hydrological resilience of the basin.

Resumo:

Este estudo investigou as relações entre o uso e ocupação do solo e as tendências hidrológicas na sub-bacia do Alto Parnaíba, com foco nas estações fluviométricas Sítio do Velho (MA) e Barra do Lance (PI). A análise foi conduzida com base em séries históricas de vazão e precipitação (1985–2023), integradas a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e avaliadas por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall. Os resultados indicaram tendência negativa nas vazões mínimas e médias em Sítio do Velho, e em todas as vazões (máxima, média e mínima) em Barra do Lance. Em relação à precipitação, quatro das seis estações associadas a Sítio do Velho apresentaram tendência de redução, enquanto as duas associadas a Barra do Lance não evidenciaram mudanças significativas. A análise do uso e ocupação do solo revelou expressiva expansão das áreas agropecuárias e urbanas, indicando forte influência antrópica sobre a dinâmica hidrológica local. Os achados reforçam a urgência da adoção de estratégias de recuperação ambiental visando à resiliência hídrica da bacia.

¹ Graduanda em Engenharia Urbana (UFOP). CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: analiamg@ufop.edu.br

² Graduanda em Engenharia Urbana (UFOP). CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: karollaine.silva@ufop.edu.br

³ Eng^a Agrícola e Ambiental, Profa. Dra. UFOP - Depto. Engenharia Urbana, CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: aline.nunes@ufop.edu.br

⁴ Eng^a Sanitarista e Ambiental, Profa. Dra. UFOP - Depto. Engenharia Civil, CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: anacastro@ufop.edu.br

⁵ Eng^a Ambiental, Prof. Dr. UFOP - Depto. Engenharia Civil, CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: anibal@ufop.edu.br

⁶ Eng^a Agrícola e Ambiental, Prof. Dr. UFOP - Depto. Engenharia Civil, CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: mucio.mendes@ufop.edu.br

⁷ Eng^a Agrícola e Ambiental, Profa. Dra. UFOP - Depto. Engenharia Urbana, CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: tamara.souza@ufop.edu.br

⁸ Eng^a Ambiental, Profa. Dra. Unifesspa – Faculdade de Engenharia Civil, CEP 68507-590 Marabá-PA. Correio eletrônico: mila@unifesspa.edu.br

Palavras-Chave – Recursos hídricos, Alto Parnaíba e Tendências

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são estruturas territoriais essenciais para o equilíbrio hidrológico, atuando na regulação dos fluxos de água e na manutenção dos ecossistemas aquáticos (Oliveira, 2024). Entretanto, o crescimento populacional e a intensificação das atividades humanas nas últimas décadas têm exercido crescente pressão sobre os recursos hídricos. A expansão urbana, a agricultura intensiva e a industrialização aumentam a demanda por água e, simultaneamente, provocam alterações nas características físicas do solo e do escoamento superficial, resultando na degradação da qualidade e da disponibilidade hídrica (Hafner, 2007).

Neste cenário, ferramentas tecnológicas como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm ganhado destaque por sua capacidade de integrar dados espaciais e temporais, apoiando análises complexas e a tomada de decisões no planejamento ambiental e na gestão dos recursos hídricos (Deyse, 2023). O SIG permite sobrepor camadas temáticas – como uso do solo, relevo, hidrografia e infraestrutura – promovendo uma compreensão espacial detalhada das pressões antrópicas sobre os sistemas naturais (Ribeiro, 2016). Além disso, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento favorece a compreensão das interações entre os componentes naturais e as intervenções humanas, aspecto fundamental para o delineamento de estratégias de conservação (Dickel e Godoy, 2016).

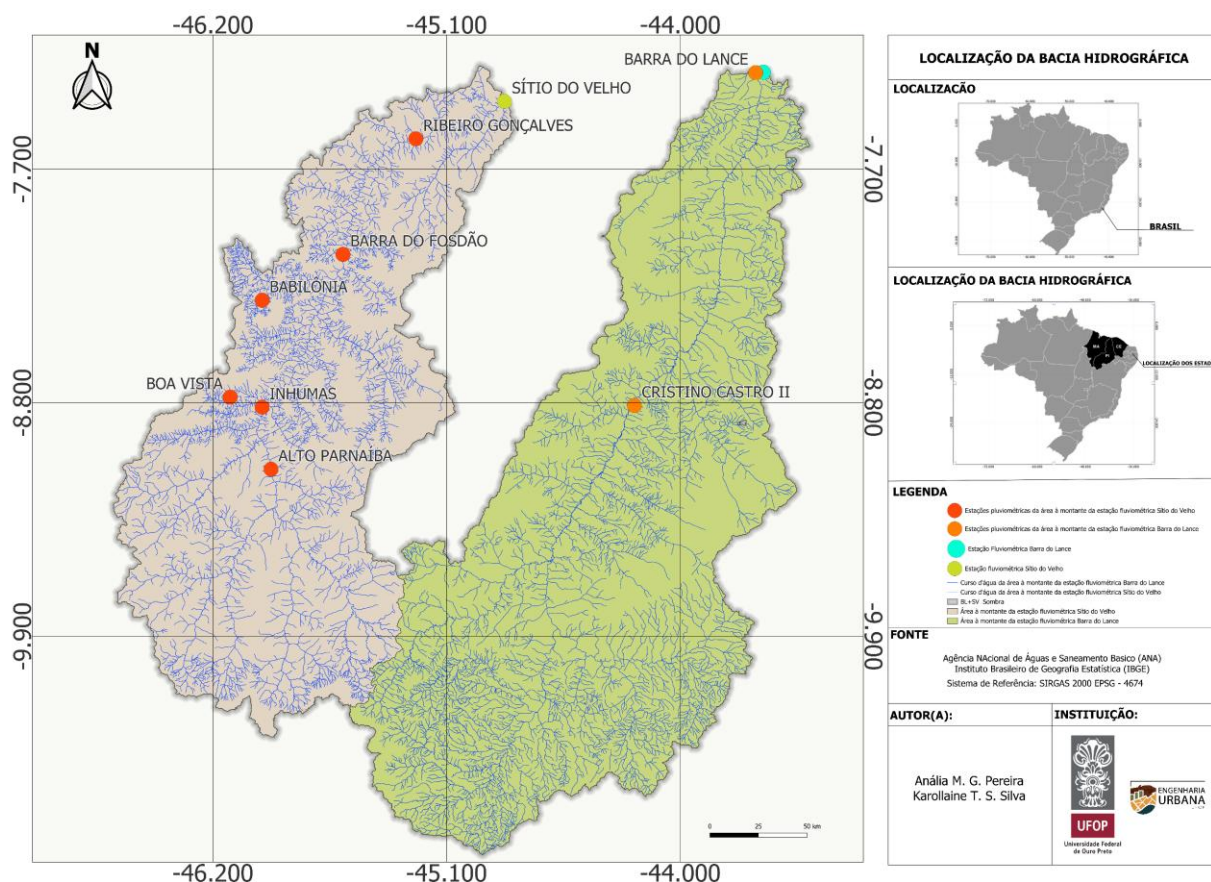
O entendimento dessas dinâmicas é particularmente relevante em bacias hidrográficas com expressiva importância socioeconômica, como a do Parnaíba, que desempenha papel estratégico no abastecimento de água, na agricultura e na conservação ambiental na região Nordeste. Assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de diagnósticos que integrem dados hidrológicos e territoriais para subsidiar políticas públicas e ações de manejo ambiental (Steinke, 2010).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar as tendências em séries históricas de precipitação e vazão entre os anos de 1985 e 2023 nas áreas a montante das estações fluviométricas Sítio do Velho (MA) e Barra do Lance (PI), localizadas na sub-bacia do Alto Parnaíba. Para tanto, emprega-se a análise estatística por meio do teste de Mann-Kendall, integrada ao uso de SIG, com o intuito de correlacionar essas tendências às transformações no uso e ocupação do solo observadas ao longo do período analisado. A abordagem proposta busca evidenciar a influência das modificações antrópicas nas dinâmicas hidrológicas locais, fornecendo subsídios técnicos para ações de planejamento e gestão ambiental mais efetivas.

METODOLOGIA

O presente trabalho iniciou os estudos na Bacia Hidrográfica do Parnaíba, que abrange os estados do Piauí, Maranhão e Ceará, conforme ilustra a Figura 1. A bacia apresenta uma área total estimada de 337.000 km² e é subdividida em três sub-bacias – Alto, Médio e Baixo Parnaíba. Considerando a extensa dimensão do território, foram adotados critérios para a redução da área de estudo, tais como a distribuição territorial das estações pluviométricas e fluviométricas, análise preliminar do uso e ocupação do solo e identificação de áreas com maior potencial para investigação. Com base nisso, definiu-se o Alto Parnaíba, com área aproximada de 140.000 km², como a sub-bacia mais adequada para realização do estudo da análise de tendência associado ao uso e ocupação do solo.

Figura 1: Apresentação da área de estudo



Com base na delimitação da sub-bacia do Alto Parnaíba e nos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), foram selecionadas para análise as estações fluviométricas Sítio do Velho (código 34070000) e Barra do Lance (código 34270000). Para cada uma dessas estações, foram delimitadas as respectivas áreas de drenagem a montante, com o intuito de identificar e analisar as estações pluviométricas inseridas em suas áreas de contribuição. Na área da estação Sítio do Velho, foram consideradas as estações Ribeiro Gonçalves (745003), Barra do Fosdão (845004), Babilônia (845003), Boa Vista (846005), Inhumas (845005) e Alto Parnaíba (945011). Na área da estação Barra do Lance, foram incluídas as estações Barra do Lance (743009) e Cristino Castro II (844008). As informações detalhadas sobre as estações utilizadas estão apresentadas na Tabela 1. Para todas as séries, foram considerados os dados compreendidos entre 1985 e 2023, a fim de manter a coerência temporal com a análise de uso e ocupação do solo.

Para a análise das séries pluviométricas, foi necessário realizar o preenchimento de falhas nos dados de precipitação, adotando-se o método baseado na média normal, conforme representado na Equação 1. Esse procedimento foi aplicado para os períodos em que não havia registros disponíveis nas estações de interesse, utilizando dados de estações vizinhas com comportamento pluviométrico semelhante.

Tabela 1: Dados das estações fluviométricas e pluviométricas utilizadas

TIPO	CÓDIGO	NOME	LATITUDE	LONGITUDE
Fluviométrica	34070000	SÍTIO DO VELHO	-7,3808	-44,8267
Fluviométrica	34270000	BARRA DO LANCE	-7,2475	-43,6433
Pluviométrica	745003	RIBEIRO GONÇALVES	-7,5572	-45,2444
Pluviométrica	845004	BARRA DO FOSDÃO	-8,1014	-45,5875
Pluviométrica	845003	BABILÔNIA	-8,3175	-45,9678
Pluviométrica	846005	BOA VISTA	-8,7736	-46,1183
Pluviométrica	845005	INHUMAS	-8,8211	-45,9681
Pluviométrica	945011	ALTO PARNAÍBA	-9,1131	-45,9261
Pluviométrica	743009	BARRA DO LANCE	-7,2453	-43,6444
Pluviométrica	844008	CRISTINO CASTRO II	-8,8131	-44,2156

$$Px = \frac{1}{n} \left(\frac{Nx}{Na} Pa + \dots + \frac{Nx}{Nn} Pn \right) \quad (1)$$

Onde:

Px = valor estimado para a estação com falha;

n = número de estações de referência;

Nx = média histórica da estação com falha;

Na...Nn = médias históricas das estações de referência;

Pa...Pn = valores observados nas estações de referência na data da falha.

Complementarmente ao preenchimento das lacunas, os dados das séries pluviométricas foram submetidos ao teste de consistência pelo método da Dupla Massa, conforme proposto pelo *Geological Survey* dos Estados Unidos (Tucci, 1993). Esse método baseia-se na análise do alinhamento entre as curvas de precipitação acumulada da estação de interesse e de estações próximas, sendo adotado como critério de aceitação um coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99 (Andrade et al., 2018). A consistência dos dados é fundamental para assegurar a confiabilidade das análises subsequentes de tendência.

Com os dados consistidos, foi possível avaliar a existência de tendências nas séries anuais de precipitação, considerando o ano hidrológico (dezembro a novembro). Para as estações fluviométricas, foram calculadas as vazões máximas, médias e mínimas de sete dias de duração utilizando o software SISCAH. Nesse caso, definiu-se o ano hidrológico das máximas entre dezembro e novembro e o das mínimas entre junho e maio, conforme critérios estabelecidos por Nascimento, Marcuzzo e Pinto (2020).

A identificação de tendências nas séries temporais de precipitação e vazão foi realizada por meio do teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1955), com nível de significância de 5%. Esse teste avalia se há presença de tendência monotônica crescente ou decrescente ao longo do tempo, sendo formulado com as seguintes hipóteses:

- **Hipótese nula (H_0):** Não há tendência estatisticamente significativa na série temporal ($p > 0,05$);
- **Hipótese alternativa (H_1):** Existe tendência estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A aplicação do teste permitiu distinguir entre variações aleatórias e padrões sistemáticos nas séries históricas, fornecendo subsídios para a compreensão da dinâmica hidrológica regional. O teste foi executado no software Excel, utilizando o suplemento *Real Statistics*, na seção *Time Series Tools*.

A análise de tendência foi conduzida para o período de 1985 a 2023, compatibilizando-se com a série temporal dos dados de uso e ocupação do solo obtidos da Coleção 9 do projeto MapBiomias. As classes utilizadas para a análise espacial foram organizadas em sete categorias: Formação Campestre, Área Urbanizada, Áreas Não Vegetadas, Afloramento Rochoso, Recursos Hídricos, Formações Naturais Vegetadas (abrangendo formações florestais, savânicas, campos alagados e áreas pantanosas) e Agropecuária (incluindo culturas temporárias, perenes, soja, café, algodão, cana-de-açúcar, citrus, pastagens e silvicultura).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação ao preenchimento de falhas nas séries das estações pluviométricas, foi necessário aplicar o procedimento em todas as oito estações analisadas, uma vez que apresentavam lacunas em determinados anos sem registro de precipitação. Após o preenchimento, os dados foram submetidos ao teste de consistência pelo método da Dupla Massa. A aplicação desse teste às seis estações localizadas na área de drenagem da estação fluviométrica Sítio do Velho e às duas associadas à estação Barra do Lance indicou, de forma unânime, a homogeneidade dos dados. Em todos os casos, observou-se alinhamento linear entre as curvas acumuladas, com coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99, conforme os critérios propostos por Andrade et al. (2018). O menor valor registrado foi de 0,9928 para a estação Babilônia, enquanto o maior foi de 0,9997 para a estação Ribeiro Gonçalves.

A análise de tendência realizada por meio do teste de Mann-Kendall revelou que aproximadamente 67% das estações pluviométricas associadas à área de drenagem do Sítio do Velho apresentaram tendência negativa estatisticamente significativa nas séries anuais de precipitação. As estações com tendência decrescente foram: Barra do Fossado, Babilônia, Boa Vista e Alto Parnaíba. Em contrapartida, as estações associadas à área da estação Barra do Lance — Barra do Lance e Cristino Castro II — não apresentaram tendências significativas no período analisado.

Quanto às estações fluviométricas, os resultados do teste de Mann-Kendall indicaram tendência negativa nas vazões médias e mínimas na estação Sítio do Velho, enquanto a vazão máxima não apresentou tendência estatisticamente significativa. Já na estação Barra do Lance, foram identificadas tendências negativas nas três categorias analisadas: vazões máximas, médias e mínimas. Os valores detalhados dos p-valores obtidos para cada série analisada — tanto de precipitação quanto de vazão — estão apresentados na Tabela 3.

A tendência de redução das vazões mínimas e médias observada na estação fluviométrica Sítio do Velho indica uma diminuição na disponibilidade hídrica da bacia, sugerindo possíveis influências de alterações climáticas, modificações no uso e ocupação do solo ou outros fatores hidrológicos que afetam a dinâmica do escoamento. A análise das séries pluviométricas da região mostra uma tendência geral de queda nos índices de precipitação para a maioria das estações associadas ao Sítio do Velho, o que corrobora a hipótese de que a redução das vazões está, em parte, relacionada à diminuição das chuvas ao longo do período analisado.

Tabela 2: Valores do p-valor para as estações fluviométricas e pluviométricas

CÓDIGO	NOME	ANÁLISE	P-VALOR
745003	Ribeiro Gonçalves	Chuva	0,24743
845004	Barra do Fossdão	Chuva	0,03803
845003	Babilônia	Chuva	0,003834
846005	Boa Vista	Chuva	0,004494
845005	Inhumas	Chuva	1
945011	Alto Parnaíba	Chuva	0,03468
743009	Barra do Lance	Chuva	0,669055
844008	Cristino Castro II	Chuva	0,597485
34070000	Sítio do Velho	Vazão Máxima	0,182656
		Vazão Média	1,98E-07
		Vazão Mínima	4,14E-10
34270000	Barra do Lance	Vazão Máxima	0,019368
		Vazão Média	0,00259
		Vazão Mínima	9,19E-07

A estação fluviométrica Barra do Lance apresentou comportamento semelhante, com tendência negativa significativa nas três categorias de vazão (máxima, média e mínima). No entanto, as estações pluviométricas associadas a essa área não apresentaram tendências significativas nos volumes de precipitação. Essa discrepância entre as tendências hidrológicas e pluviométricas sugere que outros fatores, especialmente o uso e ocupação do solo, podem estar exercendo papel determinante sobre o comportamento das vazões.

A ausência de tendência nas chuvas, aliada à redução das vazões na área da estação Barra do Lance, reforça a hipótese de que modificações antrópicas, como a intensificação das atividades agropecuárias e o avanço da urbanização, podem estar impactando negativamente o regime hidrológico local. Tais alterações contribuem para a diminuição da capacidade de infiltração do solo, aumento do escoamento superficial e consequente redução das vazões de base, especialmente em períodos secos.

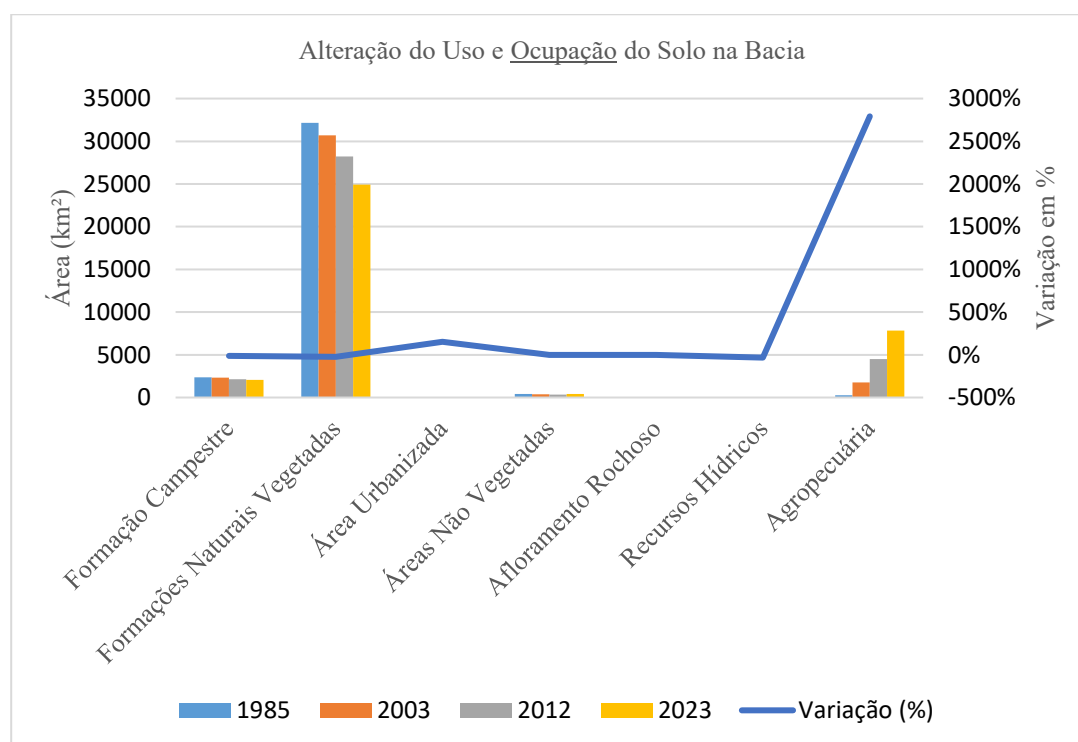
No caso da área a montante da estação Sítio do Velho, as alterações no uso e cobertura do solo foram expressivas, conforme indicado na Tabela 4. Todas as classes apresentaram variações ao longo do período analisado. A expansão das áreas agropecuárias foi particularmente marcante, com aumento de aproximadamente 2.791%, seguida pelas áreas urbanizadas, que cresceram cerca de 150%. Em contraste, as áreas de vegetação natural e os corpos hídricos sofreram reduções substanciais. A única classe com variação positiva pouco expressiva foi a de afloramentos rochosos, com aumento de apenas 0,02%.

Essas transformações indicam que as ações antrópicas exercem influência significativa sobre a dinâmica hidrológica da bacia, interferindo tanto nos volumes de precipitação registrados quanto nas respostas do sistema de drenagem. A Figura 2 apresenta as variações percentuais das diferentes classes de uso e ocupação do solo, evidenciando as mudanças ocorridas ao longo das últimas décadas.

Tabela 3: Variação do Uso e Ocupação do Solo para áreas à montante do Sítio do Velho – Período de análise 1985 – 2023

Uso e Ocupação do Solo	Área em 1985 (km ²)	Área em 2003 (km ²)	Área em 2012 (km ²)	Área em 2023 (km ²)	Variação total da área (km ²)	Variação (%)
Formação Campestre	2368,592	2318,202	2140,618	2061,333	-307,259	-12,97%
Formações Naturais Vegetadas	32152,568	30713,108	28213,95	24923,232	-7229,336	-22,48%
Área Urbanizada	6,715	13,185	14,888	16,844	10,129	150,84%
Áreas Não Vegetadas	406,577	394,314	345,957	402,914	-3,663	-0,90%
Afloramento Rochoso	32,408	32,368	32,357	32,414	0,006	0,02%
Recursos Hídricos	56,228	42,912	38,986	37,762	-18,466	-32,84%
Agropecuária	270,424	1779,423	4506,755	7819,012	7548,588	2791,39%

Figura 2: Gráfico da variação do Uso e Ocupação do Solo para áreas à montante do Sítio do Velho – Período de análise 1985 – 2023



A área a montante da estação fluviométrica Barra do Lance apresenta padrões de transformação territorial semelhantes aos observados na região da estação Sítio do Velho, conforme evidenciado na Tabela 5. Houve uma variação discreta na classe de afloramentos rochosos, com aumento de apenas 0,13%. Em contrapartida, as áreas destinadas à agropecuária cresceram aproximadamente 244%, enquanto as áreas urbanizadas apresentaram um incremento em torno de 158%. Tais alterações reforçam o papel das ações antrópicas como fatores determinantes para as mudanças nos padrões hidrológicos, possivelmente contribuindo para a redução da disponibilidade hídrica e da cobertura vegetal nativa na região.

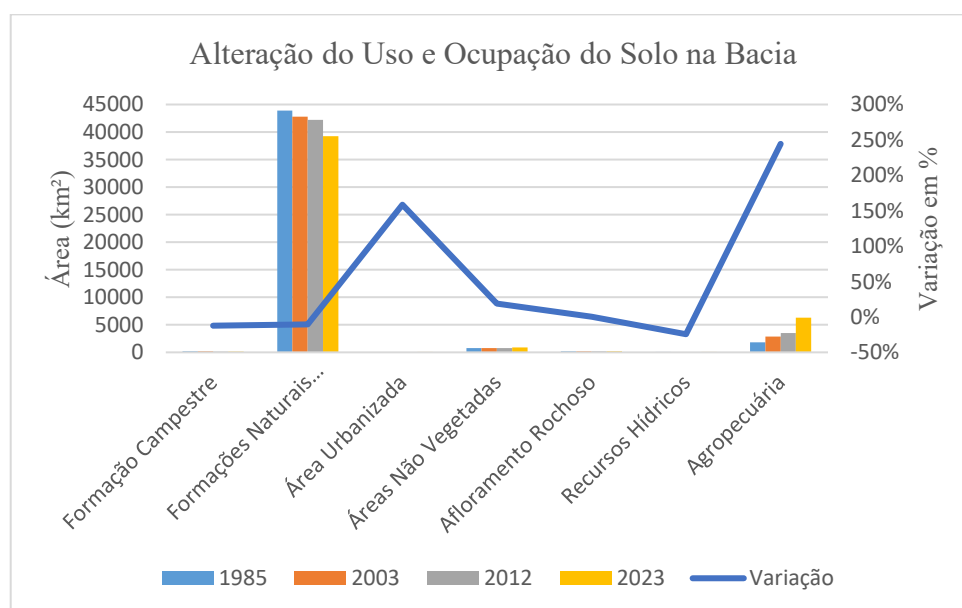
A Figura 3 ilustra as variações percentuais nas classes de uso e ocupação do solo para a área de drenagem da estação Barra do Lance, evidenciando o avanço de atividades antrópicas sobre as áreas naturais. Assim como na área do Sítio do Velho, observou-se redução nas formações vegetais, especialmente nas categorias de formação campestre e vegetações naturais (formações savânicas, florestais e áreas úmidas), bem como nos corpos hídricos. Ressalta-se que, apesar da intensificação do uso do solo, não houve inserção de atividades de mineração ao longo do período analisado.

Embora ambas as áreas pertençam a uma mesma sub-bacia e apresentem tipos de cobertura do solo semelhantes, os dados indicam que as respostas hidrológicas podem variar significativamente, especialmente em função da intensidade e da natureza das modificações no uso do solo. Ainda assim, foi possível identificar uma tendência comum à redução das vazões mínimas nas duas estações, o que representa um sinal de alerta para o comprometimento da sustentabilidade hídrica regional. Essa redução tende a impactar negativamente os fluxos de base, essenciais para a manutenção dos cursos d'água durante os períodos de estiagem, agravando os riscos de escassez e fragilizando a resiliência hidrológica da bacia.

Tabela 4: Variação do Uso e Ocupação do Solo para áreas à montante da estação Barra do Lance – Período de análise 1985 – 2023

Uso e Ocupação do Solo	Área em 1985 (km ²)	Área em 2003 (km ²)	Área em 2012 (km ²)	Área em 2023 (km ²)	Variação total da área (km ²)	Variação
Formação Campestre	176,093	179,057	150,77	154,345	-21,748	-12,35%
Formações Naturais Vegetadas	43900,118	42817,893	42203,189	39277,292	-4622,826	-10,53%
Área Urbanizada	24,493	47,911	55,564	63,317	38,824	158,51%
Áreas Não Vegetadas	762,707	800,609	785,925	907,555	144,848	18,99%
Afloramento Rochoso	222,393	222,356	222,323	222,689	0,296	0,13%
Recursos Hídricos	79,183	56,344	52,506	59,876	-19,307	-24,38%
Agropecuária	1832,896	2873,668	3527,517	6312,808	4479,912	244,42%

Figura 3: Variação do Uso e Ocupação do Solo para áreas à montante da estação Barra do Lance – Período de análise 1985 – 2023



CONCLUSÕES

A análise integrada entre os dados hidrológicos e as alterações no uso e ocupação do solo na sub-bacia do Alto Parnaíba evidenciou a influência significativa das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos regionais. As tendências negativas observadas nas vazões mínimas e médias da estação fluviométrica Sítio do Velho, bem como nas três categorias de vazão (máxima, média e mínima) da estação Barra do Lance, estão associadas a modificações expressivas no uso da terra, especialmente à expansão das áreas agropecuárias e urbanizadas.

Paralelamente, verificou-se uma redução substancial nas áreas de vegetação natural, fator que compromete a capacidade de infiltração do solo e a manutenção das vazões de base, afetando diretamente o equilíbrio hidrológico da bacia. No caso do Sítio do Velho, aproximadamente 67% das estações pluviométricas apresentaram tendência negativa de precipitação, enquanto para a área da estação Barra do Lance não foram identificadas tendências significativas. Essa divergência reforça a hipótese de que as alterações de vazão estão mais fortemente relacionadas às transformações no uso do solo do que a variações pluviométricas.

Diante desse cenário, os resultados obtidos reforçam a urgência de implementação de estratégias de conservação e recuperação das formações vegetais naturais, em especial nas áreas de recarga hídrica. Tais ações são essenciais para promover a resiliência hidrológica da sub-bacia frente às pressões antrópicas e às possíveis consequências das mudanças climáticas, assegurando a sustentabilidade dos recursos hídricos a médio e longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional pelo apoio institucional ao Projeto “Proposição de carteira de projetos de intervenção vislumbrando o aumento da recarga das vazões afluentes, ampliação da flexibilização operativa dos reservatórios e melhoria da navegabilidade nas bacias dos rios São Francisco, Parnaíba, Paranaíba e Grande”, cuja colaboração foi fundamental para o desenvolvimento das análises apresentadas neste estudo. Agradecemos também à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pela valiosa contribuição técnica, acadêmica e institucional ao longo de todas as etapas da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. “Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos”. ANA, s.d. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 20 jan. 2025.

ANDRADE, CAROLYNE WANESSA LINS DE; MONTENEGRO, SUZANA MARIA GICO LIMA; MONTENEGRO, ABELARDO ANTÔNIO DE ASSUNÇÃO; LIMA, JOSÉ ROMUALDO DE SOUSA. “Análise de consistência de dados de precipitação na bacia hidrográfica do Rio Mundaú, Nordeste do Brasil”. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 14., 2018, Maceió. Anais eletrônicos... Porto Alegre: ABRHidro, 2018. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/81/10696.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

DEYSE SCORPIONI DE OLIVEIRA. “Análise multicritério aplicada ao diagnóstico e adequação de estradas florestais”. 2023. 45 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais - Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati - PR.

- DICKEL, MARA ELIANA GRAEFF; GODOY, MANUEL BALDOMERO ROLANDO BERRÍOS. “*Desastres ambientais e impactos socioambientais: inundações no município de Itaóca-SP: Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão de riscos*”. Caderno de Geografia, v.26, n.47, 2016
- HAFNER, A. V. “*Conservação e reuso de água em edificações: experiências nacionais e internacionais*”. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007.
- KENDALL, MAURICE G. RANK. “*Correlation methods*”. *Econometrica*, v. 13, n. 4, p. 338-339, out. 1945. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1907752>. Acesso em: 22 mar. 2025.
- MANN, Henry B. “*Nonparametric tests against trend*”. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245-259, jul. 1945. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1907187>. Acesso em: 22 mar. 2025.
- NASCIMENTO, JEAN RICARDO DA SILVA DO; MARCUZZO, FRANCISCO FERNANDO NORONHA; PINTO, EBER JOSÉ DE ANDRADE. “*Mapas da distribuição anual e mensal de chuva e pluviodiagrama da bacia hidrográfica do rio Parnaíba*”. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 15., 2020. Anais [...]. Porto Alegre: ABRHidro, 2020. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0132-1-20200802-191014.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- OLIVEIRA, SHEILA COSTA DE. “*Evolução dos processos de outorga de água subterrânea para poços de altas vazões no Distrito Industrial de Manaus: um estudo de caso*”. 2025. 106 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2025. Orientador: João D’Anúzio Menezes de Azevedo Filho.
- STEINKE, VALDIR ADILSON; SAITO, CARLOS HIROO. “*Avaliação geoambiental do território brasileiro nas bacias hidrográficas transfronteiriças*”. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 6, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/267>. Acesso em: 3 jun. 2025.
- TUCCI, C. E. M. “*Hidrologia Ciência e Aplicação*”. 4ª. ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 1993.