

Eutrofização e Toxicidade na bacia hidrográfica do Rio Jundiá Mirim – Uma análise temporal (2017-2022)

Albina Santos Costa¹

Gerson Araujo de Medeiros²

Jô Vinícius Barrozo Chaves³

Análise dos impactos das mudanças climáticas na biodiversidade de ambientes aquáticos, como rios, lagos e oceanos.

Resumo

As pressões naturais e antropogênicas geram inúmeros impactos negativos no meio físico e biótico ao longo das bacias hidrográficas. Esses impactos podem causar danos ambientais, como o assoreamento, a elevação de poluentes e a eutrofização, resultando na diminuição da qualidade e quantidade de água, recursos fundamentais para o consumo humano, a agricultura e outros usos. Este estudo visa realizar uma análise temporal (2017-2022) dos parâmetros de qualidade da água da bacia hidrográfica do Jundiá Mirim, investigando as características e dinâmicas da bacia. Para isso, foram utilizados o Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Vida Aquática (IVA). A análise foi realizada em quatro pontos da bacia, com dados secundários coletados entre 2017 e 2022. Os resultados indicam uma piora nos níveis de eutrofização e na qualidade de vida aquática ao longo dos anos. Além disso, foi observada a presença de eutrofização e toxicidade em organismos aquáticos desde a nascente até a jusante da bacia.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Impacto Ambiental; Qualidade da Água;

¹Aluna do curso de mestrado, Albina Santos Costa, ICTS- Unesp Sorocaba, Departamento PPGCA, – Campus Sorocaba Departamento de Ciências Ambientais, albina.costa@unesp.com.

²Orientação: Professor Dr. Gerson Araújo de Medeiros,; ICTS- Unesp Sorocaba, Departamento de Ciências Ambientais, gerson.medeiros@unesp.br.

³Aluno do curso de doutorado, Jô Vinícius Barrozo Chaves, ICTS- Unesp Sorocaba, Departamento PPGCA, – Campus Sorocaba Departamento de Ciências Ambientais, jo.chaves@unesp.br.



INTRODUÇÃO

A segurança hídrica deve garantir que haja água em quantidade e qualidade adequada para atender as necessidades humanas, como saúde, subsistência e atividades econômicas produtivas, bem como para preservar os ecossistemas. Além de desempenhar sua importância em diversas áreas da vida, como no abastecimento público e na manutenção dos ecossistemas aquáticos, além da agricultura e indústria (Melo & Johnsson, 2017).

Contudo, a avaliação da qualidade da água obtida pelo Índice de Qualidade da Água (IQA) apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (ANA, 2024).

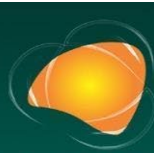
Essas lacunas na avaliação são preocupantes, especialmente considerando que os sintomas de eutrofização afetam potencialmente 85% dos serviços ecossistêmicos (Fonseca et al., 2021).

Esses serviços são fundamentais para a decomposição, ciclagem de nutrientes, purificação da água e produção de oxigênio, além de oferecerem benefícios culturais, como ecoturismo. Eles ajudam a proteger os rios da eutrofização e poluição, preservando a integridade dos ecossistemas aquáticos (Avaliação Ecossistêmica do Milênio, 2005).

As primeiras respostas ao estresse estão nas mudanças na composição de espécies pequenas, de reprodução rápida e com amplo poder de dispersão, como o fitoplâncton, levando ao desaparecimento de organismos sensíveis das comunidades aquáticas. A nível populacional, os estudos populacionais de tabelas de vida de invertebrados parecem ser os indicadores iniciais mais sensíveis de estresse nos ecossistemas (Schindler, 1987).

Este estudo visa realizar uma análise temporal (2017-2022) dos parâmetros de qualidade da água por meio dos parâmetros Índice de Estado Trófico (IET) e o Índice de Vida Aquática (IVA) da bacia hidrográfica do Jundiá Mirim, investigando as características e dinâmicas da bacia.

METODOLOGIA



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS**

A Bacia Hidrográfica do rio Jundiáí Mirim (Figura 1) ocupa uma área de 117,5 km², sendo majoritariamente distribuída nos municípios de Jundiáí (55%), seguido por Jarinu (36,6%) e Campo Limpo paulista (8,4%), entre as latitudes 23°00' e 23°30' Sul e longitudes 46°30' e 47°15' Oeste (De Medeiros et al., 2021).

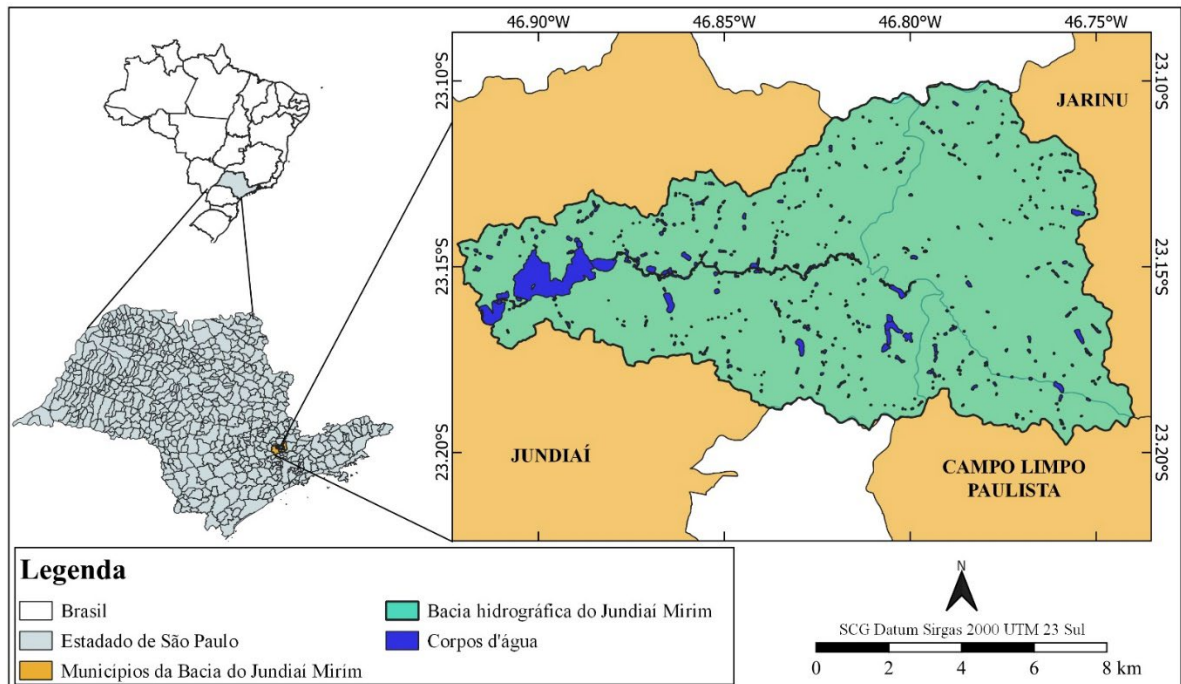


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Jundiáí Mirim

Neste estudo, foram utilizados dados secundários referentes aos parâmetros do Índice de Estado Trófico (IET) e Índice de Qualidade para Proteção da Vida Aquática (IVA), fornecidos pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) por meio do 'Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo no período de 2017 a 2022. A análise foi realizada trimestralmente, com quatro amostras coletadas nos pontos estabelecidos ao longo da bacia.

Para o rio Jundiáí Mirim, aos pontos coletados se descrevem em Ribeirão Jundiáí (Figura 2) que são pontuados em quatro regiões, localizados em monitoramento tal como: Ponto de Coleta 1 em latitude 23° 07' 18" longitude 46° 46' 15", bairro Pintangal em Jarinu; Ponto de Coleta 2 latitudes 23° 08' 47" longitude 46° 48' 22", Ponte na Estrada Jundiáí/Jarinu, em frente ao Condomínio Campo Verde; Ponto de Coleta 3 latitude 23° 08'

EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

43” longitude 46° 51’ 04” em ponto 3, e Ponte a jusante da Cereser, Ponto de Coleta 4 latitude 23° 09’ 30” longitude 46° 54’ 34” na captação do DAE para o abastecimento da cidade de Jundiá em ponto 4.

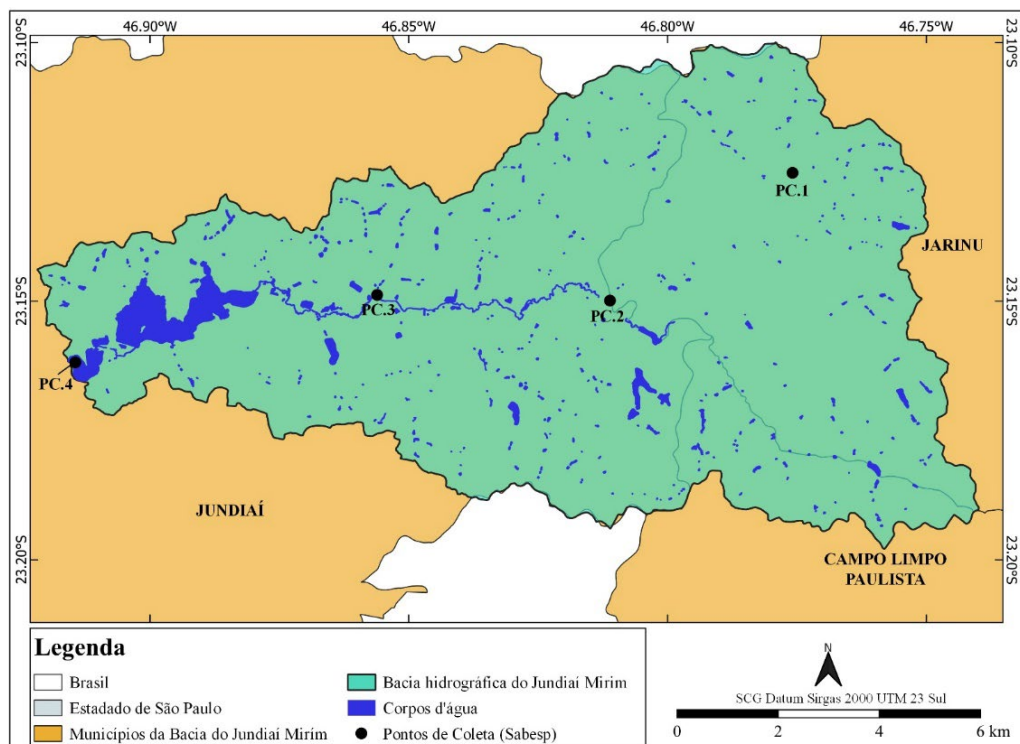


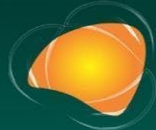
Figura 2. Ponto de coletas das amostras localizadas na bacia.

Para cada ponto, foi calculada uma média dos índices IET e IVA ao longo dos anos (2017-2022). A partir desses dados, foi inferida a média do índice de estado trófico (Tabela 1) onde se pode classificar a ponderação do IET (Quadro 1)

Tabela 1. Média dos parâmetros de IET (Índice de estado trófico) em série 2017-2022

PONTOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022	MÉDIA DOS PONTOS
Ponto de Coleta 1	50	54	52	-	-	54	52,5
Ponto de Coleta 2	50	51	51	-	-	53	51,25
Ponto de Coleta 3	50	54	53	-	54	54	53
Ponto de Coleta 4	50	51	53	-	-	54	52
Média Anual	50	52,5	52,25	-	54	53,75	52,1875

Fonte: Relatórios Cetesb respectivo aos pontos do IQA do Ribeirão do Jundiá Mirim.



Quadro 1. Classificação do Estado Trófico em nível de ponderação

Categoria Estado Trófico	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: Apêndices D Índice de qualidade da água (Cetesb)

O média do índice do estado de vida aquática foi inferida (Tabela 2), onde se pode classificar em níveis de ponderação (Quadro 2) ao longo dos seis anos analisados.

Tabela 2. Média dos parâmetros de IVA (Índice de vida aquática) em série 2017-2022

pontos	2017	2018	2019	2020	2021	2022	MÉDIA DOS PONTOS
Ponto de Coleta 1	2,2	3,2	3	-	-	3,8	3,05
Ponto de Coleta 2	2,2	2,8	2,8	-	-	-	2,6
Ponto de Coleta 3	2,2	3,2	2,8	-	-	3,8	3
Ponto de Coleta 4	2,5	2,5	3,6	-	-	3,3	2,975
Média Anual	2,275	2,925	3,05	-	-	3,633333	2,90625

Fonte: Relatórios Cetesb respectivo aos pontos do IQA do Ribeirão do Jundiá Mirim.

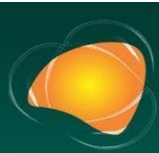
Quadro 2. Classificação de Vida Aquática em nível de ponderação

Categoria	Ponderação
Ótima	$IVA \leq 2,5$
Boa	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
Regular	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
Ruim	$4,6 \leq IVA \leq 6,7$
Péssima	$6,8 \leq IVA$

Fonte: Apêndices D Índice de qualidade da água (Cetesb)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se nos parâmetros dos índices medidos pela CETESB, este estudo investigou o comportamento das pressões no trajeto da água em quatro pontos ao longo do período de 2017 a 2022. A Figura 3 apresenta as médias anuais do índice de estado trófico



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

observadas nesses pontos, evidenciando uma tendência contínua de aumento da eutrofização ao longo dos anos analisados. Essa tendência indica que, desde a nascente até a jusante da bacia, há um incremento progressivo. na eutrofização da água.

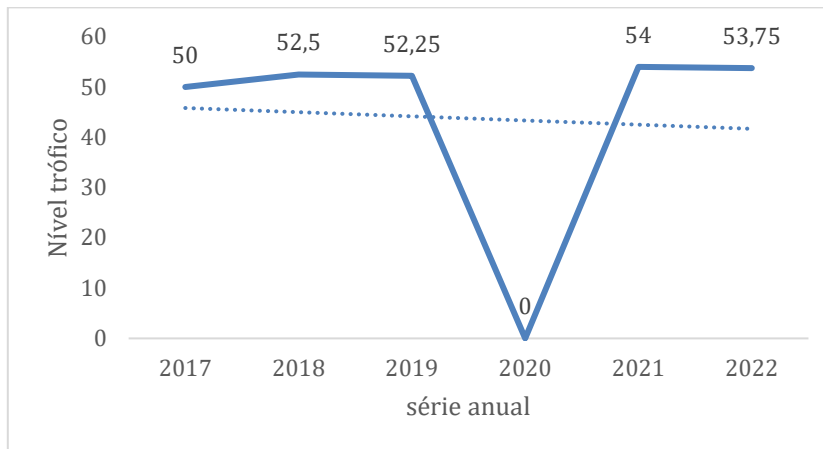


Figura 3. Média dos pontos em estado trófico em série (2017-2022).

A (Figura 4) no parâmetro do índice de vidas aquáticas, em série temporal 2017-2022 foi observado que os pontos apresentaram aumento de toxicidade nos corpos hídricos comprometendo a vida aquática.

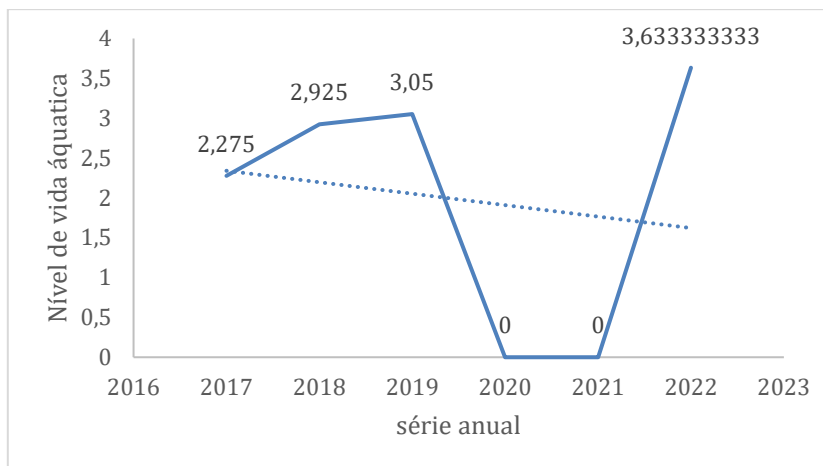
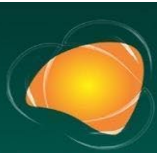


Figura 4. Média dos pontos em vida aquática da bacia em série (2017-2022).

Com base nos dados analisados, observa-se que o Ponto de coleta 1, localizado a montante da bacia, próximo à nascente, corresponde a uma região impactada pela transposição de águas, que inclui a descarga da adutora de transposição do Rio Atibaia para o Rio Jundiá Mirim (Silva e Medeiros, 2020). Além disso, essa área abriga florestas de



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

eucalipto e está sujeita a atividades agrícolas e de pastagem. A ausência de proteção adequada e a proximidade com áreas residenciais são fatores que exercem pressão negativa sobre as nascentes, influenciando diretamente na qualidade da água (Gomes et al., 2005). A distribuição da água inicia-se na cabeceira da bacia e se estende até os demais pontos de monitoramento (ponto 2, 3 e 4), que exibem variada qualidade da água ao longo do percurso.

O ponto 2, por exemplo, está inserido em regiões predominantemente agrícolas, enquanto o ponto 3 marca o início da área industrial, onde os poluentes, provenientes de atividades industriais e domésticas, são carregados para o corpo hídrico, intensificando a carga de sedimentos e contaminantes. Já o ponto 4 está localizado no reservatório, onde se observam pressões relacionadas ao estado trófico e à toxicidade para a biota aquática, reflexos da ausência de conservação ambiental, como demonstrado nas Figuras 3 e 4. De acordo com Barbosa et al. (2012), a eutrofização e a poluição impactam negativamente a biodiversidade dos reservatórios, sendo agravada pela criação de condições lânticas, como água parada causada por barragens e grandes transferências de água entre bacias.

Barbosa et al. (2012) também enfatizam que essas condições lânticas ameaçam a biodiversidade, especialmente em corpos hídricos que dependem de variações naturais de fluxo para manter seus ecossistemas. A modificação do regime hídrico pode alterar o transporte de fósforo (P) nos cursos d'água, intensificando a eutrofização dos lagos, uma vez que o aumento da temperatura favorece a liberação de P do sedimento. Além disso, a estrutura das comunidades de peixes pode mudar, resultando em um aumento de peixes planctívoros e, conseqüentemente, em uma maior biomassa de fitoplâncton.

No contexto da bacia do Jundiá Mirim, a eutrofização observada está associada a altos níveis de fósforo e nitrogênio, provenientes, em grande parte, de áreas agrícolas, cujas contribuições percorrem a bacia desde as regiões a montante até atingirem o reservatório. A redução de áreas vegetadas a jusante também intensifica essa dinâmica. Como apontado por Lima Andrade et al. (2021), a conservação da vegetação nas áreas próximas aos rios, abrangendo desde as sub-bacias até a totalidade da bacia, é fundamental para a manutenção da qualidade ambiental. Esse princípio é igualmente aplicável à restauração de áreas degradadas.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Estudos indicam que o Lago Erhai, na China, apresentou um comportamento semelhante ao da bacia do Jundiáí Mirim, com degradação da vegetação devido ao uso excessivo de fertilizantes. Essa alteração trófica influenciou as comunidades microbianas, aumentando a capacidade de processos como fermentação e desnitrificação, mas reduzindo a respiração aeróbica e a fixação de nitrogênio.

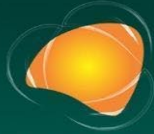
No entanto, energias em volumes maiores mostram o impacto na classificação oligo-mesotrófica. Essas mudanças impactaram significativamente o ciclo biogeoquímico, assim como ocorre nos ecossistemas da bacia do Jundiáí Mirim (Shen et al., 2019). A qualidade da água da bacia tem sido comprometida pela predominância de eutrofização e pela toxicidade da biota aquática desde as nascentes.

Quando os serviços ecossistêmicos aquáticos são ameaçados, há perda na regulação dos fluxos de nutrientes, água e organismos nos rios, o que afeta a capacidade desses ecossistemas de atuar como amortecedores naturais e de fornecer bens como peixes e crustáceos (Avaliação Ecossistêmica do Milênio, 2005).

Portanto, esse fenômeno altera drasticamente a dinâmica do ecossistema aquático, resultando na mortalidade de espécies sensíveis, mudanças nos ciclos de vida e redução da biodiversidade.

A presença de espécies invasoras, como a *Corbicula fluminea* é presente no Rio Jundiáí Mirim, a espécie amplifica os efeitos negativos da eutrofização. Essa espécie de molusco, que se destaca pelo rápido crescimento, ciclo de vida curto e alta fecundidade, é uma grande preocupação para os ecossistemas de água doce, especialmente devido à sua capacidade de se espalhar rapidamente em ambientes eutrofizados. Conforme Zhang et al. (2011), a *C. fluminea* pode impactar a biodiversidade local, provocando o desaparecimento de espécies nativas e alterando os ciclos biogeoquímicos, como o ciclo do fósforo, além de reduzir a transparência da água. Esses impactos afetam diretamente a estrutura e função dos ecossistemas aquáticos, dificultando a recuperação dos mesmos.

A correlação entre eutrofização e invasões biológicas é clara: o aumento de nutrientes e a deterioração da qualidade da água criam um ambiente propício para o estabelecimento e proliferação de espécies invasoras, que por sua vez agravam ainda mais a situação ecológica. Estudos como o de Bouwman et al. (2013) mostram que a principal



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

fonte de fósforo nos corpos hídricos globais é a agricultura, que contribui com 92% do total, enquanto outras fontes, como pastagens e esgoto doméstico, têm uma contribuição menor. No Brasil, essa dinâmica se repete, com a agricultura liderando a carga de fósforo nos cursos d'água, seguida pelos setores doméstico e industrial. A ausência de conservação das nascentes, portanto, acelera o declínio da qualidade da água ao longo do curso do rio, favorecendo a expansão de zonas hipóxicas e comprometendo a biodiversidade aquática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho conclui que ao longo dos anos analisados, o maior problema da bacia é a eutrofização e a toxicidade dos organismos de vida aquática que estão presente em todo o percurso dos pontos, da nascente a jusante da bacia, resultando a queda de classificação entre os parâmetros analisados. O IET em série temporal cai de oligotrófico para mesotrófico, permanecendo em estado mesotrófico. O IVA em série temporal cai de ótima para regular e permanece em estado de classificação boa.

Mediante os fatos expostos, os resultados apresentam uma média constante e comportamento que muda com o tempo. A região da nascente a jusante não tem conservação que mantenha os serviços em funcionamento constante, ao qual vem mudando com o tempo.

AGRADECIMENTOS

O PRESENTE TRABALHO FOI REALIZADO COM APOIO DA COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - BRASIL (CAPES) - CÓDIGO DE FINANCIAMENTO 001.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Impacto da**



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

mudança climática nos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2024.

ANDRADE, E. L.; et al. Impact of topographical factors and the land use and cover in the water quality of the basin of the Roseira stream, Jundiaí, São Paulo - Brazil. **Ra'e ga - O espaço geográfico em análise**, v. 51, p. 58–80, 2021.

BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. S.; CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103–118, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000030>.

BOUWMAN, L.; GOLDEWIJK, K. K.; VAN DER HOEK, K. W.; BEUSEN, A. H. W.; VAN VUUREN, D. P.; WILLEMS, J.; STEHFEST, E. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 52, p. 20882–20887, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108>.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Publicações e relatórios: águas interiores.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 19 set. 2024.

FONSECA, A. L.; NEWTON, A.; CABRAL, A. Local and meso-scale pressures in the eutrophication process of a coastal subtropical system: challenges for effective management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107109>.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321327186009>. Acesso em: 9 out. 2024.

JOHNSSON, R. M. F.; et al. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2018.

MACHADO, F. H.; et al. Environmental impacts of inter-basin water transfer on water quality in the Jundiaí-Mirim River, South-East Brazil. **International Journal of Environmental Impacts: Management, Mitigation and Recovery**, v. 1, n. 1, p. 80–91, 2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water.** World Resources Institute, 2005.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

NEWTON, A.; BRITO, A. C.; ICELY, J.; DEROLEZ, V.; CLARA, I.; ANGUS, S.; GONÇALVES, M. Assessing, quantifying and valuing ecosystem services at a large scale: the case of marine and coastal systems. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 243, p. 106840, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106840>.

SCHINDLER, W. D. Detectando respostas do ecossistema ao estresse antropogênico. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 44, supl. 1, p. S6-S25, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1139/f87-276>.

SEITZINGER, S. P.; HARRISON, J. A.; DUMONT, E.; BEUSEN, A. H. W.; BOUWMAN, A. F. Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: an overview of global nutrient export from watersheds (NEWS) models and their application. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 19, n. 4, GB4S01, 2005.

SHEN, M.; LI, Q.; REN, M.; LIN, Y.; WANG, J.; CHEN, L.; LI, T.; ZHAO, J. Trophic status is associated with community structure and metabolic potential of planktonic microbiota in plateau lakes. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, p. 2560, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02560>.

SILVA, C. O. F.; MEDEIROS, G. A. Cálculo da compensação ambiental de transposição entre bacias utilizando análise de paisagem: estudo de caso na bacia do rio Jundiá Mirim. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 60848–60868, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-486>.

ZHANG, L.; SHEN, Q.; HU, H.; SHAO, S.; FAN, C. Water, air and soil pollution. *Dordrecht*, v. 220, n. 1-4, p. 399-411, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-011-0763-3>.