

Análise dos efeitos das explorações econômicas e sua relação com o incremento dos teores de nutrientes no rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil

Analysis of the effects of economic explorations and their relationship with the increase in nutrient levels in the Piracicaba River, Minas Gerais, Brazil

Marluce Teixeira Andrade Queiroz^{1,2*}

Tania Gonçalves dos Santos³

Estefane Vieira Dias⁴

¹ Doutora em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos (UFMG), Engenheira de segurança no Centro Regional de Referência e Atenção à Saúde do Trabalhador, R. Joaquim Nabuco, 317, Bairro Cidade Nobre, Ipatinga, Minas Gerais, Brasil

*marluce.queiroz@yahoo.com.br

Submetido em 21/02/2025; Versão revisada em 11/04/2025; Aceito em 22/05/2025

Resumo

A eutrofização se relaciona com o aumento de nutrientes nos corpos hídricos, desse modo, estimulando a proliferação das algas e cianobactérias. Esse fenômeno também favorece o incremento da turbidez e redução dos níveis de oxigênio dissolvidos na água. As consequências adversas incluem a mortandade da biodiversidade. Nesse cenário, essa pesquisa objetivou a análise da concentração de fósforo e nitrogênio no rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizados dados provenientes dos relatórios do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no quinquênio compreendido entre janeiro/2019 até dezembro/2024, sendo adotados cinco pontos de coleta sendo localizados em Catas Altas, Rio Piracicaba, Nova Era, Coronel Fabriciano e Ipatinga. Constatou-se que o predomínio do estado hipereutrófico em diversas amostragens. Essa condição ambiental estava associada principalmente com a descarga de esgoto sanitário, atividades agrícolas e efluentes industriais. Finaliza-se esta abordagem indicando as possíveis medidas de remediação visando o desenvolvimento sustentável da região de estudo.

Palavras-chave: Nutrientes. Rio Piracicaba. Eutrofização.

Analysis of the effects of economic exploration and its relationship to the increase in nutrient levels in the Piracicaba River, Minas Gerais, Brazil

Abstract

Eutrophication is related to the increase of nutrients in water bodies, thus stimulating the proliferation of cyanobacteria. This phenomenon also favors the increase in turbidity and reduction of dissolved oxygen levels in the water. Adverse consequences include the death of biodiversity. In this scenario, this research aimed to analyze the concentration of phosphorus and nitrogen in the Piracicaba River, Minas Gerais, Brazil. Data from reports from the Minas Gerais Water Management Institute (IGAM) were used in the five-year period between January/2019 and December/2024, and five collection points were adopted, located in Catas Altas, Rio Piracicaba, Nova Era, Coronel Fabriciano and Ipatinga. The predominance of the hypereutrophic state was found in several samples. This environmental condition was mainly associated with the discharge of sanitary sewage, agricultural activities and industrial effluents. This approach concludes by indicating possible remediation measures aiming at the sustainable development of the study region.

Keywords: Nutrients. Piracicaba River. Eutrophication.

¹ Doutora em saneamento em meio ambiente e recursos hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), engenheira de segurança do Centro de Referência e Atenção à Saúde do Trabalhador (CEREST), Ipatinga, Minas Gerais, Brasil

² Doutora em parasitologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), docente do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Católica de Minas Gerais (Unileste)

³ Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) no período de investigação, egressa do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Católica de Minas Gerais (Unileste)

* Artigo técnico proveniente das investigações sobre a qualidade da água do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil pertinentes ao desenvolvimento do programa de iniciação científica do Centro Universitário Católica de Minas Gerais (Unileste) com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG)

1 Introdução

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA) existem diversas ameaças ambientais que podem afetar os recursos hídricos sejam naturais ou provocadas pelo próprio ser humano sobre esses ecossistemas vulneráveis. Especificamente em relação aos rios são identificadas situações adversas que os caracterizam como depositários de águas residuais potencialmente contaminadas, tal como, descargas de esgotos domésticos; rejeitos de atividades pecuárias com elevadas cargas orgânicas; efluentes industriais contendo diversos compostos sintéticos apresentando em suas formulações metais tóxicos; e rejeitos agrícolas contaminados com pesticidas e fertilizantes, dentre outras (QUEIROZ, 2017). Esse panorama implica em fatores desencadeadores de inúmeras probabilidades concernentes às suas repercussões adversas, dentre essas, destacam-se os perigos para os componentes bióticos e saúde pública (QUEIROZ, 2017). Portanto, exige-se o desenvolvimento de uma política adequada que oportunize a gestão sustentável desses ecossistemas, sendo assim, mostra-se necessário o monitoramento sistemático capaz de viabilizar o reconhecimento da evolução da qualidade da água e diagnóstico quanto às necessidades de intervenções aplicáveis (QUEIROZ et al., 2019).

Especificamente nessa pesquisa, atentou-se para o fenômeno da eutrofização que corresponde ao incremento de nutrientes no corpo hídrico, notadamente relacionando-se com os teores de fósforo e nitrogênio. Tal situação deflagra o aumento da produtividade primária e o desequilíbrio dos ciclos biogeoquímicos. Santos e Medeiros (2023) alertam que o referido fenômeno tem gerado inúmeras perdas na biodiversidade, redução da qualidade da água e, por sua vez, alterações do pH e, consequentemente, tem provocado riscos à integridade humana e de animais (SANTOS e MEDEIROS, 2023).

Pondera-se, a referida disfunção ambiental implica em depleção do oxigênio dissolvido na água, proliferação das algas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, além do comprometimento das condições mínimas de lazer na água, dentre outros efeitos adversos (ESTEVES, 2011; SMITH & SCHINDLER, 2009).

Nesse cenário, adotou-se como objeto de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP) localizada na porção sudeste do estado de Minas Gerais, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BHRD), Brasil. Queiroz et al. (2023) relatam a importância desse recurso hídrico para a região sendo utilizado para múltiplas funções, tal como, o guarnecimento industrial, a geração de energia, bem como o abastecimento humano, segundo maior uso, devido à elevada densidade populacional ao redor da sua área de captação. Desse modo, objetivou-se a investigação do fenômeno da eutrofização na BHRP e o compartilhamento dos achados com a sociedade. Considera-se a relevância dessa pesquisa frente às possibilidades de contribuições pertinentes ao processo de gerenciamento desse recurso hídrico para evitar, por exemplo, avanço no incremento de nutrientes que pode onerar os custos de tratamento. Além disso, De Lima et al (2022) pontuam que a eutrofização antrópica pode alcançar condições irreversíveis considerando os custos energéticos e dispêndio de capital, sendo assim, diminuindo drasticamente as possibilidades de utilização do corpo d'água para a humanidade.

2 Material e métodos

2.1 Localização da área de estudo e exploração econômica

A área de estudo adotada é o rio Piracicaba localizado na porção leste do Estado de Minas Gerais (MG) com área correspondente a 5.465,38 km², representando cerca de 1% do território mineiro, apresentando 241 km, sendo o seu nascedouro no município de Ouro Preto e seguindo até a divisa das cidades de Ipatinga e Timóteo, onde se encontra com o rio Doce. Entre os seus afluentes podem ser citados os rios Turvo, Conceição, Una, Machado, Santa Bárbara, Peixe e Prata. Além desses considerados os mais significativos, ao longo do seu curso, recebe a descarga de quase uma centena de córregos e ribeirões, os quais compõem sua rede de drenagem, desse modo, abrangendo, de forma total ou parcial, 21 municípios (IGAM, 2024).

O uso e ocupação do território abrangido pela Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba (BHRP) (Figura 1) contempla a mineração e diversas outras atividades, tal como, a agrícola (pastagem e

2.2 Parâmetros para interpretação dos resultados analíticos

Quadro 1 – Classes da água doce e usos preponderantes

Classe da Água Doce	Usos Preponderantes
Classe Especial	Águas destinadas ao consumo humano abastecem os domicílios sem prévia ou com simples desinfecção. Também usada para preservar o equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simples, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui e mergulho), à irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que cresçam rentes ao solo e ingeridas sem remoção de película e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
Classe 2	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e frutíferas e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.
Classe 3	Águas destinadas ao consumo humano após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessedentação de animais.
Classe 4	Águas destinadas à navegação, harmonia paisagística e aos usos menos exigentes.

Fonte: (BRASIL, 2005).

Para investigação das condições de eutrofização na BHRP foram adotadas cinco pontos de monitoramento (Figura 2) com uso dos dados provenientes dos relatórios do IGAM para o quinquênio compreendido entre janeiro/2019 até dezembro/2024. Observa-se que a topografia da BHRP é acidentada e ocorrendo alto índice de erosão do solo desde a nascente até o deságue no rio Doce. Destaca-se que os processos de degradação são favorecidos pelas atividades exploratórias, desastres naturais e/ou provocados, tal como, os incêndios, sendo assim incrementando a deposição do material particulado sólido no corpo hídrico e afetando a qualidade da água (QUEIROZ, 2017).

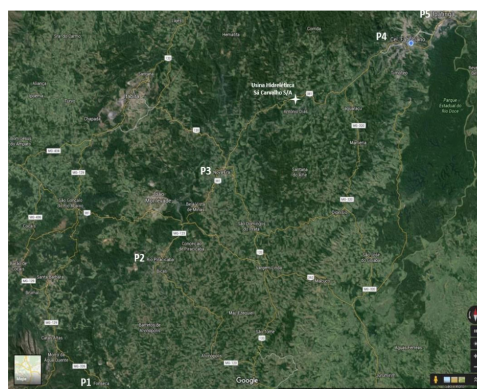


Figura 2 - Imagem de satélite com a localização dos pontos de monitoramento no Rio Piracicaba, MG, Brasil
Fonte (Adaptado): (IGAM, 2024).

Além disso, dentre os principais fatores de pressões antrópicas atribuídos para as localidades investigadas (Quadro 2) podem ser citados, mineração, atividades agrossilvipastoril, Usinas Hidrelétricas (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), ausência de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), dentre outras. Pondera-se que conforme observado por Queiroz et al. (2023) e Silveira et al. (2018) os reservatórios hidrelétricos constituem-se em importante ameaça ambiental por caracterizarem-se como ambientes lênticos coadjuvantes na promoção da desestruturação do meio físico, químico e alterações na dinâmica e composição das comunidades biológicas, asseverando os efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição.

Quadro 2 - Estações de monitoramento adotadas na BHRP.			
Local	Município	Curso d'água	Fatores geradores de pressão antrópica
RD099 (P ₁)	Catas Altas	Rio Maquiné	Mineração
RD025 (P ₂)	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	Mineração, atividade agrossilvipastoril, UHE e ausência de ETE
RD030 (P ₃)	Nova Era	Rio do Peixe	Mineração, suinocultura, abatedouro, UHE, PCH e ausência de ETE
RD034 (P ₄)	Coronel Fabriciano	Rio Piracicaba	PCH, indústria química e matadouro
RD035 (P ₅)	Ipatinga	Rio Doce	Mineração, indústria metalúrgica, alimentícia e química, ETE

Fonte (Adaptado): (IGAM, 2024).

Os resultados médios foram obtidos através dos relatórios do IGAM e representaram os achados correspondentes à cerca de cento e oitenta e oito (188) coletas realizadas com periodicidade mensal em estações secas, intermediárias e chuvosas. O referido órgão reforça que as possíveis ocorrências de valores atípicos são confrontadas com os resultados dos demais parâmetros de qualidade da água com observância da pluviometria para compreensão da variação encontrada. Com base nessa análise, valores discrepantes não justificados são substituídos pelo valor mediano do parâmetro na estação de monitoramento (IGAM, 2024). Em prosseguimento, os dados coletados foram então comparados com o Valor Máximo Permitido (VMP) estabelecido pela Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º. 357 de 17/03/2005 alterada CONAMA n.º 393/2007, n.º 397/2008, n.º 410/2009 e n.º 430/2011. Além disso, foram calculados os valores relativos à relação entre o nitrogênio e o fósforo (N: P) e o Índice de Estado Trófico (IET) modificado para o fósforo total (Figura 3) (LAMPARELLI, 2004).

Categoria Estado Trófico	Ponderação	P-Total - P(µg/L)	Clorofila-a (µg/L)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$P > 233$	$CL > 69,05$

Figura 3 – Categorias do estado trófico e seus parâmetros normativos
Fonte: (IGAM, 2024).

3 Resultados e discussão

As condições pluviométricas podem influenciar as quantidades de nutrientes detectados em lagos, córregos e rios evidenciando relação com o processo de lixiviação do solo. Exemplificando, o fósforo que é utilizado de forma corriqueira na agricultura na forma de fertilizantes, também sendo encontrado em dejetos orgânicos de animais pode ser incorporado ao meio hídrico em função do incremento da carga de chuva que favorece a dissolução desse insumo, desse modo, possibilitando o carregamento desse elemento químico que pode estar adsorvido em argilominerais, óxidos de ferro e alumínio existentes no solo (VON RÜCKERT, GIANI e DUTRA, 2017).

Queiroz e colaboradores (2023) informam que o transporte de material alóctone para a BHRP é incrementado na estação chuvosa, promovendo modificações pertinentes aos teores dos compostos químicos na coluna d'água. Especificamente, a análise estatística dos dados pertinentes à precipitação pluviométrica acumulada na região desse estudo demonstrou que as diferenças não foram significativas ($p > 0,05$) entre as estações amostrais (Figura 4) evidenciando um padrão geral no comportamento das chuvas no quinquênio investigado.

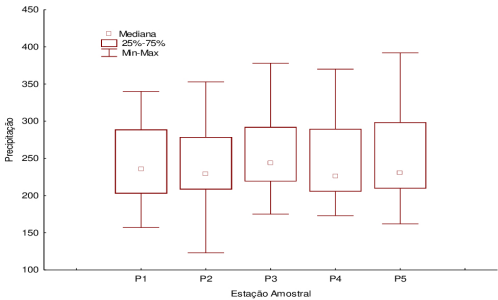


Figura 4 – Resultados do teste de *Kruskal-Wallis* para precipitação acumulada nas estações de amostragens da BHRP no período de investigação
Fonte: Própria.

Entretanto, na estação chuvosa ocorreram enxurradas em diversos locais da BHRP, desse modo, possibilitando a dissolução do fósforo sedimentado e a erosão do solo. Pondera-se que conforme Von Rückert, Giani e Dutra (2017) essa lixiviação é responsável por introduzir grandes quantidades de fósforo nos corpos hídricos, desse modo, caracterizando-se como fator contributivo para o desencadeamento da eutrofização. Reforça-se, Queiroz et al. (2023), Bu et al. (2014), Andrietti et al. (2016) e Reis et al. (2017) também identificaram a prevalência dos teores mais elevados de P_{total} na estação chuvosa, de modo geral, explicitando relação com o carregamento de águas residuais provenientes das indústrias e atividades agrícolas.

Em outro ângulo, essa investigação revelou menores teores de fósforo total em P_1 (Catas Altas) também possivelmente relacionada com o tratamento do esgoto sanitário (Quadro 3). Observa-se também quanto a influencia dos esgotos sanitários, tendo em vista, que em P_2 (Rio Piracicaba), P_3 (Nova Era) e P_4 (Coronel Fabriciano) o índice de tratamento de esgoto é inferior a 100,00% (Quadro 3), desse modo, exercendo forte pressão antrópica em P_5 denotando uma possível relação com os teores mais elevados nessa estação de monitoramento do IGAM.

Quadro 3 – Índice de tratamento de esgoto nas estações de monitoramento adotadas na BHRP.

Ponto de monitoramento	Município	Índice de tratamento de esgoto
RD099 (P_1)	Catas Altas	100,00%
RD025 (P_2)	Rio Piracicaba	72,98%
RD030 (P_3)	Nova Era	89,78%
RD034 (P_4)	Coronel Fabriciano	72,39%
RD035 (P_5)	Ipatinga	100,00%

Fonte (Adaptado): (IGAM, 2024).

Em prosseguimento, verificou-se que o limite máximo de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas de Classe 1 e 2 para o P_{total} , foi extrapolado em $\pm 14\%$ ($CV = 25,5\%$; $n=10$) das amostras analisadas. Atentando-se para os estudos de Santos Quaresma et al. (2023) verifica-se a importância da hidrografia fluvial em relação ao comportamento do P_{total} dissolvido no recurso hídrico. Os pesquisadores verificaram que geralmente são apresentadas maiores concentrações no limbo descendente da bacia hidrográfica (quando o volume fluvial começa a decrescer) e que nos picos máximos da descarga pluviométrica este composto entra no processo de diluição reduzindo a concentração

sendo essas condições também observadas nessa investigação. Por outro lado, pondera-se que há também a possibilidade de exaustão do solo em relação ao fósforo total, por meio de lixiviações dos anos anteriores, o que contribui consideravelmente para diminuir as suas concentrações.

Em relação ao Nitrogênio total (N_{total}) foi possível identificar que a produção primária de fitoplâncton na BRRP foi limitada pelo nitrogênio em apenas 1,3% do total de dados investigados. Esse panorama ambiental implicou no aumento dos valores médios anuais e ocorrendo a extrapolação conforme os padrões ambientais e atingindo o máximo de $2,185 \text{ mg.L}^{-1} N_{total}$ verificada em P_4 (RD034) no período seco podendo ser justificada pela hipsometria e fontes difusas.

Em relação ao Índice de Estado Trófico (IET) foram observadas variações entre as diversas categorias pertinentes aos estados tróficos no quinquênio adotado para esse estudo. Os achados indicaram que a BHRP representava um corpo d'água com interferências na qualidade da água com preponderância dos níveis aceitáveis, para a maioria das estações de monitoramento. Em contraposição, também ocorreram condições adversas que incluíram as categorias eutrófica ($59 < IET < 63$), supereutrófica ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrófica ($IET > 67$) em períodos com diferentes cargas pluviométricas nas estações de amostragens adotadas. Conforme Queiroz et al. (2023), Queiroz et al. (2016) e Farage et al. (2010) tal panorama ambiental verificado na estação chuvosa evidencia relação com o carregamento de resíduos, enquanto que na estação seca possivelmente em função da redução do volume das águas pode ser associada à elevação de fósforo e biomassa fito planctônica, desse modo, implicando em prejuízos relacionados com a utilização de suas águas para usos distintos, tal como, a irrigação e abastecimento ao nível da realidade urbana e industrial.

Em outro ângulo, também foram identificadas as condições com baixas concentrações de nutrientes e baixas produtividades primárias, sendo assim, as categorias Ultraoligotrófica ($IET \leq 47$) e Oligotrófica ($47 < IET \leq 52$), foram equivalentes a cerca de 25,30% das coletas realizadas no período seco e 17,5% relativas ao período chuvoso na BHRP. As amostras, classificadas como

Mesotróficas, ocorreram nos pontos RD025 (Rio Piracicaba), RD030 (Nova Era), RD034 (Coronel Fabriciano) e RD035 (Ipatinga) em períodos pluviométricos distintos (seco e chuvoso), desse modo, alertando para as condições de degradação existentes nas localidades estabelecidas para as coletas.

Conclusão

A análise dos dados coletados indicou a exacerbção dos riscos ambientais implicando no comprometimento da qualidade das águas da BHRP em função da elevação da concentração dos nutrientes.

Em consonância com os resultados obtidos pode-se inferir que o estado de trofia da BHRP, sofre variações sazonais e, também modificações relacionadas com a poluição antropogênica, principalmente, quanto ao lançamento de esgoto doméstico. Ambas as variáveis estabelecem interface com o volume de água, influenciado pelas precipitações pluviométricas, seja através do arraste de defensivos agrícolas, ou pela diluição dos efluentes sanitários lançados diretamente no corpo d'água sem qualquer tratamento prévio.

Verificou-se em todos os sítios de amostragens características de estado hipereutrófico. Ressalta-se que tal condição apresenta repercussões desfavoráveis na atividade pesqueira, uso doméstico e recreação, dentre outras, explicitando a necessidade de aplicação de medidas de contenção.

Vale destacar, que a adoção de sistema de tratamento de esgoto doméstico em todos os municípios que integram a região abrangida pela BHRP deverá permitir a mitigação do problema ambiental detectado, repercutindo favoravelmente para a saúde pública. Cabendo aí, ações imediatas por parte dos gestores públicos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig) e ao Centro Universitário Católica de Minas Gerais (Unileste) pela concessão das bolsas e apoio às atividades de pesquisas.

Referências

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G. do; ALMEIDA, F. T. de; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. *Revista Ambiente e Água*, v.11(1):162-175, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/168333>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível: <www.gov.br/mma/conama/res357.05.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2024.

BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. 2014. *Ecological Indicators*, v. 41, pág./s 187-197. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.003>>. Acesso: 02 mar. 2024.

DE LIMA, D. V. N.; FILHO, C. M. L.; PACHECO, A. B. F.; DE OLIVEIRA e AZEVEDO, S. M. F.. Seasonal variation in the phytoremediation by *Pontederia crassipes* (Mart) Solms (water hyacinth) and its associated microbiota. *Ecological Engineering*, v. 183, p. 106744, 2022.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 826 p.

FARAGE, J. A. P.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D; BORGES, A. C.. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do Rio Pomba. *Engenharia na Agricultura*, v. 18, n. 4, p. 322- 329, 2010.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba (CBH Piracicaba) site com informações ambientais, 2024. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso: 22 nov. 2024.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: < www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/.../TeseLamparelli2004.pdf >. Acesso em: 21 de mar. de 2024.

QUEIROZ, M. T. A.. Avaliação da qualidade da água da sub-bacia do Rio Piracicaba e da sua área de influência no reservatório da usina hidroelétrica de Sá Carvalho, Antônio Dias, MG, Brasil. 123p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2017.

QUEIROZ, M. T. A.; BORGES, T. L. P.; CARVALHO, B. L.; CARDEAL, J. A. C.. Avaliação do potencial de eutrofização do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil. Revista de Química Industrial - RQI, v. 774, p. 52-64, 2023.

QUEIROZ, M. T. A.; LIMA, L. R. P.; HELENO, G. V. R.; ALVIM, L. B.; MENEZES, M. A. B. C.; FERNANDES, V. O.. Monitoramento da qualidade da água no rio Piracicaba, bacia do rio Doce, MG, Brasil. IJIE - Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 11, p. 39-58, 2019.

QUEIROZ, M. T. A.; LIMA, L. R. P.; SABARÁ, M. G.; QUEIROZ, C. A.; LEÃO, M. M. D.; AMORIM, C. C.. Avaliação do estado trófico do rio Piracica-

ba e sua relação com a UHE - Sá Carvalho, MG, BRASIL. Revista de Ciências Ambientais (RCA, UNILASALLE), v. 10, pp. 21-43, 2016.

RAMOS DA SILVA, B. M.; BASTOS, R. K. X.; GODINHO, T. J. D.. Influence of mixing conditions on coagulant recovery efficiency and quality. Water Practice and Technology, v. 18(11), p.2599-2610, 2023.

REIS, D. A. dos; SANTIAGO, A. da F.; NASCIMENTO, L. P. do; OLIVEIRA, E. G. de; MARQUES, L. de S.; ROESER, H. M. P. Influência dos fatores ambientais e antrópicos nas águas superficiais no rio Matipó, afluente do rio Doce. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v.14(2), p. 62 -76, 2017.

SANTOS, E.O.; MEDEIROS, P. R. P.. A ação antrópica e o processo de eutrofização no rio Paraíba do Meio. Sociedade & Natureza (UFU. Online), v. 35, p. 1-13, 2023.

SANTOS QUARESMA, M. N.; SILVA, C. N.; CRUZ, M. L. B.; SANTOS, M.R.S. Análise e a identificação dos eventos extremos de precipitação pluvial na ilha do Marajó/Pará. Geoambiente Online, v. 47, p. 258-280, 2023.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution, v. 24, p. 201-207, 2009.

VON RÜCKERT, G.; GIANI, A.; DUTRA, L. V.. Assessing the occurrence of cyanobacterial blooms in a large Brazilian reservoir using satellite remote sensing. Verhandlungen – International e Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie, v. 30, p. 1345-1348, 2017.