



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Índice de Qualidade da Água-IQA no médio curso rio Piracicaba (MG) para os anos de 2011 e 2020

Dimária Aparecida Fernandes Dias¹, José Augusto Costa Gonçalves²

¹Mestranda do Programa de Pós-graduação em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), Universidade Federal de Itajubá-UNIFEI, Itabira, MG. ²Professor Associado do Instituto de Ciências Puras e Aplicadas da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itabira, MG. E-mail: jau costa@unifei.edu.br (Autor Correspondente)

Arquivo recebido em 02/02/2024 e aceito em 03/09/2024

RESUMO

Os recursos hídricos são essenciais à sobrevivência dos seres vivos e ao desenvolvimento econômico. As formas de uso e ocupação do solo podem afetar o meio ambiente e os corpos d'água, e desencadear alterações negativas a estes recursos. A área de estudo engloba a região do médio curso do rio Piracicaba, que possui atividades com alto potencial de impacto ao meio ambiente e aos recursos hídricos, sendo o rio Piracicaba o seu curso d'água principal. O objetivo principal desta pesquisa é obter um diagnóstico da qualidade da água do médio curso do rio Piracicaba-MG para os anos 2011 e 2020. Para tanto, foram calculados o Índice de Qualidade da Água-IQA, avaliados os parâmetros de qualidade da água por meio de dados das estações de monitoramento presentes na região de estudo, e verificada a inter-relação entre estes fatores. Na maioria das estações de qualidade da água e períodos analisados, os IQAs foram classificados como médios. Comparando-se os resultados de 2011 e 2020, a classe de IQA permaneceu a mesma ou melhorou em praticamente todas as avaliações de 2020, com exceção da RD034 (Mariana) que teve todos IQAs médios em 2011 e, em 2020, obteve IQA ruim no 1º trimestre (período chuvoso). De uma maneira geral, analisando-se os resultados dos parâmetros de qualidade da água, as oscilações de valores referentes ao IQA podem estar associadas principalmente às elevadas concentrações de Coliformes Termotolerantes, e também devido às variações pH, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Já os valores de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio foram satisfatórios nas análises de qualidade da água.

Palavras-chave: recursos hídricos; gestão; sustentabilidade; atividades antrópicas

Water Quality Index (WQI) in the middle reaches of the Piracicaba River (MG) for the years 2011 and 2020

ABSTRACT

Water resources are essential for the survival of living beings and for economic development. The forms of land use and occupation can affect the environment and water bodies, and trigger negative changes to these resources. The study area of this work encompasses the region of the middle course of the Piracicaba River, which has activities with high potential impact on the environment and water resources, being the Piracicaba River its main watercourse. The main objective of this research is to obtain a diagnosis of water quality of the middle course of the Piracicaba River-MG in the years 2011 and 2020. To this end, land use and occupation charts will be generated, the Water Quality Index-IQA will be calculated, water quality parameters will be evaluated, rainfall/fluviometric behavior will be analyzed using data from monitoring stations present in the study region, and the interrelationship between these factors will be verified. In most of the water quality stations and periods analyzed, the WQIs were classified as average. Comparing the 2011 and 2020 results, the WQI class remained the same or improved in practically all 2020 assessments, with the exception of RD034 (Mariana) which had all average WQIs in 2011 and, in 2020, obtained poor WQIs in the 1st quarter (rainy period). In general, analyzing the results of the water quality parameters, the oscillations of values referring to the WQI may be associated mainly with the high concentrations of Thermotolerant Coliforms, and also due to variations in pH, total phosphorus, turbidity and total solids. The Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand values were satisfactory in the water quality analysis.

Keywords: water resources; management; sustainability; human activities

Introdução

A Política Nacional de Recursos Hídricos instituída no Brasil em 1997, pela Lei nº 9.433, a chamada Lei das Águas, estabeleceu uma intensa mudança na gestão dos recursos hídricos. A Lei contém dentre seus fundamentos o uso múltiplo das águas e objetiva a utilização racional e integrada desse bem público. E ainda define como metas e objetivos principais: a garantia da quantidade e qualidade dos recursos hídricos; a promoção do uso racional dos recursos hídricos; o consumo humano e a dessedentação de animais como usos prioritários em situações de escassez; a instituição da gestão descentralizada dos recursos hídricos e a promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1997).

A qualidade da água pode ser alterada devido ao uso indiscriminado e pelo lançamento continuado de esgotos residenciais, de efluentes das indústrias e de mineração, de agrotóxicos e rejeitos da agricultura e pecuária, resíduos sólidos, bem como de poluentes de outras atividades humanas, que, direta ou indiretamente, promovem alterações na estrutura e funcionamento dos sistemas hídricos, com consequências finais para o próprio homem. Estes fatores podem alterar de forma drástica as características físicas, químicas e biológicas dos corpos hídricos (Costa et al., 2018; Silva et al., 2017; Georgescu et al., 2023; Michalak et al., 2016).

Há ainda a extração de recursos naturais e intervenções em matas ripárias que favorecem a degradação dos corpos hídricos, contribuindo com assoreamentos, e também a poluição difusa, não necessariamente direta, que acaba atingindo os cursos d'água. A qualidade e a quantidade da água podem ser afetadas também por fenômenos naturais ocorridos na bacia hidrográfica, a exemplo da erosão e variação das vazões devido às precipitações (Romshoo et al., 2020; Moisa et al., 2022).

A bacia do rio Piracicaba é uma sub-bacia do rio Doce, localizada na região centro leste do estado de Minas Gerais. Possui um conjunto significativo de atividades econômicas (extrativismo vegetal, celulose, mineração de ferro, siderurgia, agropecuária, entre outras) com alto grau de impactos antrópicos, além da expressiva concentração urbana e os massivos de reflorestamentos, monocultura de eucaliptos, que se destinam a produção de carvão vegetal e celulose (IGAM, 2021; Castro e Gonçalves, 2022).

Neste contexto, o presente estudo apresenta caráter regional, relacionado à análise hidro

ambiental do MRPI (Médio Curso do Rio Piracicaba), região com grande diversidade de exploração econômica e crescente urbanização. O objetivo geral deste trabalho é obter um diagnóstico da qualidade da água do médio curso do rio Piracicaba-MG, para os anos 2011 (ano anterior à cobrança pelo uso da água) e 2020.

O conceito de qualidade da água sempre se relaciona com o uso que se faz desta água. Por exemplo, uma água de qualidade adequada para o uso industrial, navegação ou geração hidrelétrica pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, o uso agrícola, a recreação ou para a preservação da vida aquática (Zhang et al., 2022; Xiao et al., 2016; Wang et al., 2022). Os impactos negativos aos mananciais podem culminar em restrições aos usos mais exigentes. Por este motivo, reitera-se a importância de avaliar se a qualidade da água em determinada região está realmente adequada aos usos que ali são feitos (Bui et al., 2020; Bos et al., 2019).

Em relação às águas, muitas são as atividades que podem causar poluição. Define-se o termo poluição como a alteração nas características físicas, químicas ou biológicas de águas naturais ocasionadas, principalmente, por atividades humanas (Asadollah et al., 2021; Brooks et al., 2019). Assim, vários componentes e impurezas físicas, químicas e biológicas podem ser considerados importantes no meio aquático, sendo a condição do meio ambiente aquático identificada por estas características, muitas vezes denominadas de parâmetros ambientais ou de qualidade de água (Roy et al., 2020; Malav et al., 2022; Asha et al., 2020; Mamat et al., 2023).

No rio Piracicaba, o IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), opera 14 estações de amostragem das águas. Além dos parâmetros físico-químicos, analisa os resultados da qualidade das águas tendo como base dois indicadores ambientais: o Índice de Qualidade da Água - IQA e a Contaminação por Tóxicos - CT.

Os principais impactos aos recursos hídricos, ocasionados por atividades antrópicas, a exemplo da agricultura, pecuária, indústria e urbanização. Constata-se, ao analisá-los, que diversas atividades antrópicas podem ser responsáveis por variados impactos aos recursos hídricos e aos solos (Cunha et al., 2017).

Na agricultura, o desmatamento, o uso de defensivos agrícolas, perda da fertilidade, compactação do solo e lixiviação e processos erosivos; Contaminação por agrotóxicos,

eutrofização e assoreamento dos cursos d'água, fósforo, nitrato, nitrito e metais pesados; Técnicas de manejo do solo e manutenção da APP (Buri et al., 2023).

Na pecuária, o super pastejo, a compactação do solo e erosão, contaminação microbiológica, coliformes termotolerantes e totais, técnicas de manejo do solo e manutenção da APP (Uddin et al. 2023; Celentano et al., 2017).

Na indústria, uso intensivo de recursos naturais, poluição do ar, água e solo, contaminação por poluentes químicos, contaminação por efluentes, turbidez, pH, metais pesados, temperatura, OD e DBO, tratamento dos efluentes e reuso das águas (Ali et al., 2019; Biggs et al., 2019; Bremer et al., 2019).

Na urbanização, desmatamento, disposição final de resíduos sólidos e esgotos não tratados, impermeabilização, contaminação do solo e erosão, assoreamento e contaminação por efluentes domésticos e industriais, coliformes termotolerantes e totais, DBO e OD, tratamento de esgotos, reciclagem e implantação de aterros sanitários (Unke et al., 2015; Yeste et al., 2020; Wang et al., 2018; Siqueira et al., 2016).

A qualidade da água de um rio pode variar por diversos fatores, dentre eles o clima da região, o relevo e as atividades resultantes das ações humanas. Portanto, a qualidade da água de uma região pode ser influenciada tanto por processos naturais a exemplo da erosão e da precipitação, que ocasiona a infiltração da água, e posteriormente, o escoamento superficial de água no solo que incorpora partículas e substâncias que são carregadas até o corpo hídrico, como também por processos antrópicos (Souza et al., 2020; Diganta et al., 2023; Cadavid-Florez et al., 2019).

O conceito de qualidade do meio ambiente possui certo grau de subjetividade, por ser um juízo de valor sobre as condições temporais e espaciais de uma determinada realidade ambiental. Há grande complexidade de fatores que determinam a qualidade da água e uma das maneiras de caracterizá-la é associar a qualidade ao uso que se faz do recurso. Desta forma, é que a qualidade da água passa do conceito de bom ou ruim para adequada ou inadequada para determinado uso (Sarif e Gupta, 2022; Raharjo e Nakagoshi, 2018; Blignaut, 2019).

A qualidade da água depende de um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que este recurso natural deve possuir para atender aos diferentes usos aos quais se

destina. Os parâmetros de qualidade de água variam em função das características naturais das bacias de drenagem e do uso e ocupação do solo. Mesmo que a bacia hidrográfica esteja preservada, acontecem processos naturais, a exemplo do intemperismo físico, químico e a decomposição vegetal, processos estes que associados ao escoamento superficial influenciam na composição dos parâmetros da água (Gani et al., 2023; Lemes et al., 2020; Pal e Ziaul, 2017).

Uma das atividades humanas que mais afeta a qualidade das águas é a urbanização, principalmente nos locais onde o atendimento ao saneamento básico não existe ou é ineficaz, pois o lançamento de esgotos nos corpos hídricos sem o tratamento adequado compromete a qualidade da água com o potencial de afetar a saúde da população e até impossibilitar os usos à jusante, principalmente o abastecimento humano. A crescente urbanização aumenta também a demanda pelos recursos hídricos, nos grandes centros urbanos, que associada à diminuição da qualidade de água, ocasionada pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, pode conduzir a um cenário de conflito pelo uso da água (Babbar e Babbar, 2017; Cunha et al., 2019; Blake e Rhanor, 2020).

O desenvolvimento urbano produz um ciclo de contaminação, gerado pelo esgoto doméstico/industrial e o esgoto pluvial. Estes processos ocorrem em razão de: despejo sem tratamento dos esgotos sanitários nos rios; impermeabilização e canalização dos rios urbanos devido ao aumento da vazão de cheia e sua frequência; esgoto pluvial transportar grande quantidade de poluição orgânica e de metais que atingem os rios nos períodos chuvosos; contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos por meio das fossas sépticas, vazamento dos sistemas de esgoto sanitário e pluvial, entre outros; depósitos de resíduos sólidos urbanos, que contaminam as águas superficiais e subterrâneas, funcionando como fonte permanente de contaminação; deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes que potencializa os riscos ao abastecimento da população em vários cenários (Pacheco et al., 2018; Beecham e Razzaghmanesh, 2015; Field-Juma e Roberts-Lawler, 2021).

Materiais e métodos

A bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Figura 1, é definida como a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos - UPGRH DO2, tendo 5.465,38 km² de área, representando cerca de 1% do território do estado de Minas Gerais. O rio Piracicaba tem 241 Km de extensão, nasce no município de Ouro Preto e segue até a divisa das cidades de Ipatinga e Timóteo, onde se encontra com o rio Doce. Tem dentre seus afluentes os rios Turvo, Conceição, Una, Machado, Santa Bárbara, Peixe e Prata. Além dos rios mais significativos, ao longo do seu curso, o rio Piracicaba recebe também descarga de quase uma centena de córregos e ribeirões, os quais compõem sua rede de drenagem.

Assim como em todo estado de Minas Gerais, o clima da bacia do rio Piracicaba é considerado de transição, sendo influenciado pela continentalidade e latitude. Na bacia ocorrem três variações climáticas de acordo com a classificação de Köppen, sendo elas: clima tropical (Aw),

mesotérmico de verões quentes (Cwa) e mesotérmico de verões brandos (CWb). A região desenvolve-se predominantemente sobre o bioma da Mata Atlântica, que representa um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta. E possui ainda uma pequena parte da sua área sobre o bioma do Cerrado. A vegetação original, composta de 90% de Mata Atlântica, foi devastada e o percentual remanescente é de apenas 0,2% (Castro e Gonçalves, 2022)

A população estimada da bacia do rio Piracicaba é de 954.861 pessoas (IBGE, 2023), abrangendo 21 municípios: Alvinópolis, Antônio Dias, Barão de Cocais, Bela Vista de Minas, Bom Jesus do Amparo, Catas Altas, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Itabira, Jaguaráçu, João Monlevade, Mariana, Marliéria, Nova Era, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Santa Bárbara, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo, Timóteo. Destes municípios, 17 possuem suas sedes municipais dentro dos limites da bacia, Figura 1.

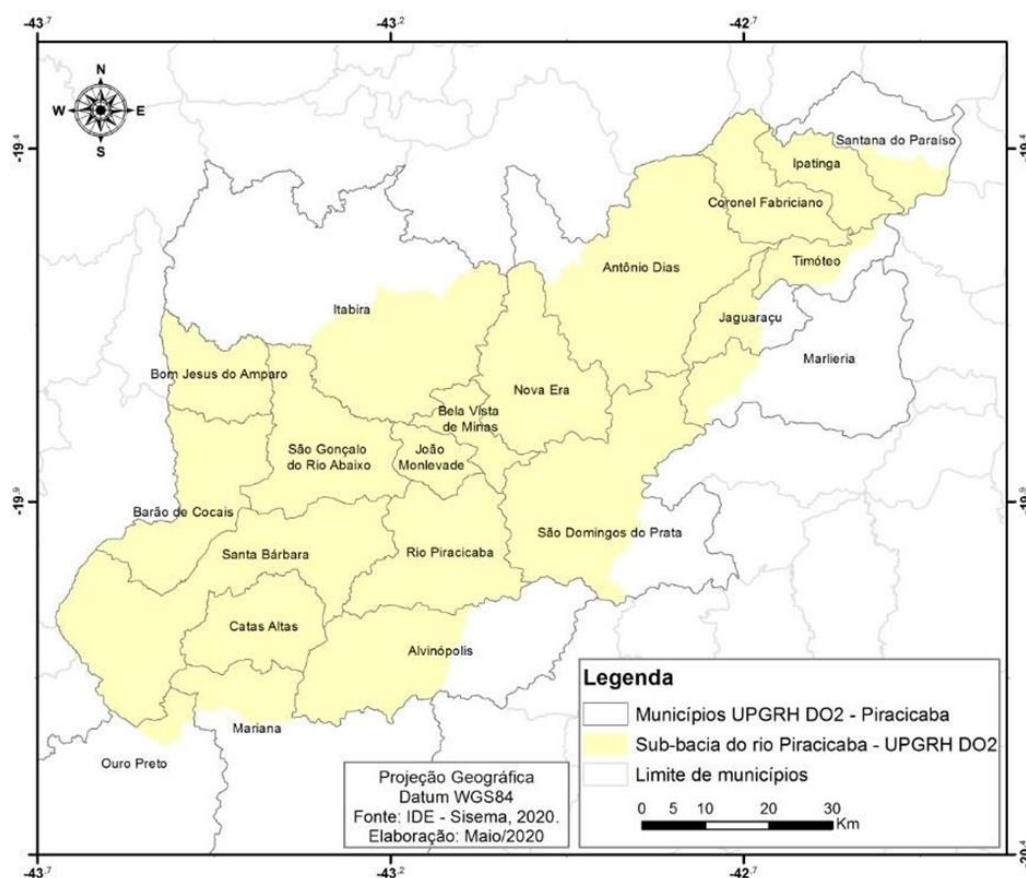


Figura 1. Localização da área de estudo e seus municípios

As informações das condições sanitárias e os valores tabulados referentes ao esgotamento sanitário dos municípios foram extraídos dos

relatórios fornecidos pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), Tabela 1.

Tabela 1. Dados de esgotamento sanitário dos municípios do MRPI - Fonte: SNIS (2023).

Município	Ano	Índice de coleta de esgoto (%)	Índice de tratamento de esgoto (%)	Volume de esgoto coletado	Volume de esgotos tratado
Alvinópolis	2020	100	0	550	0
Alvinópolis	2011				
Bela Vista de Minas	2020	100	0	526,7	0
Bela Vista de Minas	2011				
João Monlevade	2020	90	0	3.803,65	0
João Monlevade	2011	100	0	4.661,00	0
Nova Era	2020	100	0	759	0
Nova Era	2011				
Rio Piracicaba	2020	100	0	849	0
Rio Piracicaba	2011	6,72	0	41,92	0
São Domingos do Prata	2020	100	0	544	0
São Domingos do Prata	2011	41,31	0	385,37	0
São Gonçalo do Rio Abaixo	2020	100	0	1.575,00	0
São Gonçalo do Rio Abaixo	2011				

Os dados dos parâmetros monitorados e dos Índices de Qualidade da Água-IQA foram obtidos a partir de planilhas Excel e dos relatórios da qualidade das águas do portal Infohidro - base de dados de qualidade das águas disponibilizados à sociedade pelo IGAM, ambos gerados trimestralmente e anualmente, tratando-se, portanto, de uma análise de dados secundários.

Foram consideradas no presente estudo as séries históricas de 2011 (ano anterior ao início da

cobrança pelo uso da água na BHRP) e em 2020, para tanto, serão utilizados os dados das estações de monitoramento da qualidade da água do IGAM, existentes no médio curso do rio Piracicaba (Tabela 2). Também foram analisados os dados de uma estação do alto curso do rio Piracicaba (RD074) e uma do baixo curso do rio Piracicaba (RD034), a fim de comparar os dados de qualidade da água do médio curso do médio curso do rio Piracicaba com dados da estação próxima à nascente e à foz do rio.

Tabela 2. Localização e descrição das estações de monitoramento da bacia do rio Piracicaba utilizadas.

Estação Código	Classe de Enquadramento	Curso d'água	Município	Latitude	Longitude	Altitude(m)
RD025	Classe 2	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	-19,94	-43,18	614
RD026	Classe 2	Rio Piracicaba	João Monlevade	-19,83	-43,13	564
RD027	Classe 2	Rio SantaBárbara	São Gonçalo do Rio Abaixo	-19,81	-43,23	590
RD029	Classe 2	Rio Piracicaba	Nova Era	-19,77	-43,04	533
RD034	Classe 2	Rio Piracicaba	Coronel Fabriciano, Timóteo	-19,53	-42,60	235
RD074	Classe 2	Rio Piracicaba	Mariana	-20,18	-43,41	819
RD075	Classe 2	Rio Piracicaba	Alvinópolis	-20,16	-43,29	693

O IGAM adota como indicador para refletir a situação ambiental dos corpos hídricos superficiais o Índice de Qualidade das Águas (IQA). Neste estudo serão trabalhados os dados de 09 parâmetros físico-químicos e biológicos: oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato,

fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

Para realizar o cálculo do IQA é atribuído um peso de qualidade (w_i) para cada parâmetro, relacionado ao seu potencial e importância nos corpos hídricos para a sua qualidade e manutenção da vida aquática, cujos valores variam de 0 a 1 (Tabela 3).

69

Tabela 3. Parâmetros de Qualidade da Água utilizados para cálculo do IQA, Fonte: IGAM (2021).

Parêmtros	Unidades	Pesos-WI (Water Indice)
Oxigênio Dissolvido – (OD)	% OD	0,17
Coliformes Termotolerantes – (CF)*E. Coli	NMP	0,15
Potencial Hidrogeniônico – (pH)	pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (DBO 5 20)	mg/L ⁻¹	0,10
Nnitratos –(NO ₃)	mg/L ⁻¹	0,10
Fosfato total (PO ₄)	mg/L ⁻¹	0,10
Variação ma temperatura – (T)	° C	0,10
Turbidez – (Tu)	UTN	0,08
Sólidos Totais – (ST)	mg/L ⁻¹	0,08

* Substituído por Escherichia coli a partir de 2013.

O valor do IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, como expresso pela equação 1 (CETESB, 2008). Conforme a fórmula abaixo:

Sendo:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

i = número do parâmetro, variando de 1 a 9 ($n = 9$, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9);

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a

conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, conforme a equação 2 abaixo:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Há determinadas condições para o cálculo do IQA, na ausência de resultado do parâmetro oxigênio dissolvido e/ou coliformes termotolerantes/E. coli, o sistema não calcula o indicador. Já em relação à ausência dos outros parâmetros, o sistema redefine os pesos correspondentes, de forma a obter-se um resultado final compatível, ou seja, o peso é repartido igualmente entre os demais parâmetros.

As variáveis de qualidade utilizadas no cálculo do IQA refletem a contaminação dos corpos hídricos pelos lançamentos de esgotos

4580

domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos, tendo como determinante principal seu uso para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento destas águas (Costa e Ferreira, 2018).

O IQA resume as variáveis analisadas em

um só número, caracterizado por ser adimensional e que varia de 0 a 100, e exprime, sobretudo, a qualidade da água para abastecimento e baliza o tipo e a forma de tratamento da água (Piasentin et al., 2009). Na Tabela 4 estão dispostas as classes de qualidade da água em função do valor do IQA.

Tabela 4. Classes de qualidade da água em função do valor do IQA, Fonte: IGAM (2021) e CETESB (2008).

Valor IQA	Cor Indicadora	Classes	Significado
90<IQA≤100	Azul Escuro	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
70<IQA≤90	Verde Claro	Bom	
50<IQA≤70	Amarelo	Médio	
25<IQA≤50	Laranja	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
IQA≤25	Vermelho	Muito ruim	

Os parâmetros de qualidade da água foram comparados aos padrões permissíveis para águas superficiais classe 2, de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008 (Minas Gerais, 2008). Para tanto, as informações foram organizadas em tabelas e gráficos de cada parâmetro por trimestre e comparadas aos limites estabelecidos.

As análises estatísticas foram realizadas a partir dos dados referentes à vazão e precipitação nas estações localizadas nas cidades de Nova Era e Rio Piracicaba. Os dados foram coletados no sistema Hidroweb relativos aos meses dos anos de 2011 e 2020. As seguintes técnicas estatísticas foram empregadas: *Teste-t e teste Tukey, para verificar se houverá diferenças estatisticamente significativas entre a vazão e precipitação entre os meses dos anos de 2011 e 2020 para as duas estações analisadas; *Estatísticas descritivas, como cálculo de médias e dispersão, por meio da construção de boxplot; *Análise de correlação, para verificar a associação a influência que uma variável promove em outra; * Modelos de regressão linear simples entre os dados de vazão e precipitação, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Para as análises estatísticas, foi usado o Software Estatístico Minitab 18. Por ser um software estatístico de capacidade intuitiva, permite obter estatísticas descritivas, simulações e distribuições, inferência estatística elementar,

análise da variância, regressão, análise de dados categóricos, métodos não paramétricos, análise de séries temporais dentre outros.

Resultados

A seguir serão apresentados os valores trimestrais e anuais dos parâmetros de qualidade da água que compõem o IQA: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrato, temperatura, fósforo total, turbidez e sólidos totais, e também os valores de IQA, resultantes das avaliações das estações de qualidade da água analisadas (anos 2011 e 2020). Bem como, explicitado se os valores obtidos atendem aos limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH-MG N° 01/2008, que norma sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais de domínio de Minas Gerais, utilizado pelo IGAM em seu monitoramento na Bacia do Rio Doce.

Foram analisados dados das estações: RD025, localizada no município de Rio Piracicaba; RD026, à jusante da cidade de João Monlevade; RD027, localizada em Santa Rita de Pacas (São Gonçalo do Rio Abaixo); RD029, em Nova Era; RD075, Distrito de Fonseca (Alvinópolis). Todas localizadas no curso do rio Piracicaba, com exceção da RD027 que se localiza no rio Santa Barbara, importante afluente do MRPI. Foram analisados também dados da RD 074, em Mariana,

localizada no Alto rio Piracicaba, à montante do MRPI, e da RD034,

baixo curso do rio Piracicaba, à jusante do MRPI, situada na foz do rio Piracicaba, em Coronel Fabriciano, a fim de obter dados comparativos próximo à nascente e à foz do rio Piracicaba.

Na Tabela 5 e Figura 2 são apresentados os valores trimestrais de coliformes termotolerantes (N.M.P /100 ml) das estações analisadas. O limite estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01/2008 é de 1000 N.M.P/100ml.

Tabela 5. Coliformes Termotolerantes comparandos à COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	8000,00	8000,00	8000,00	17000,00
RD025	2020	6131,40	4351,70	4105,80	5172,10
RD026	2011	22000,00	5000,00	28000,00	5000,00
RD026	2020	24196,00	9803,90	3075,90	11198,70
RD027	2011	500,00	5000,00	50,00	1300,00
RD027	2020	177,30	487,40	210,90	201,10
RD029	2011	1600,00	50000,00	5000,00	13000,00
RD029	2020	11198,70	24196,00	19862,9	24196,00
RD034	2011	30000,00	2800,00	1700,00	5000,00
RD034	2020	24196,00	24196,00	4884,4	2382,20
RD074	2011	280,00	7000,00	3000,00	5000,00
RD074	2020	1,00	2359,00	495,40	598,00
RD075	2011	5000,00	30000,00	2200,00	17000,00
RD075	2020	2723,00	5172,00	2612,50	7269,90

(Legenda) Vermelho: valores acima do limite.

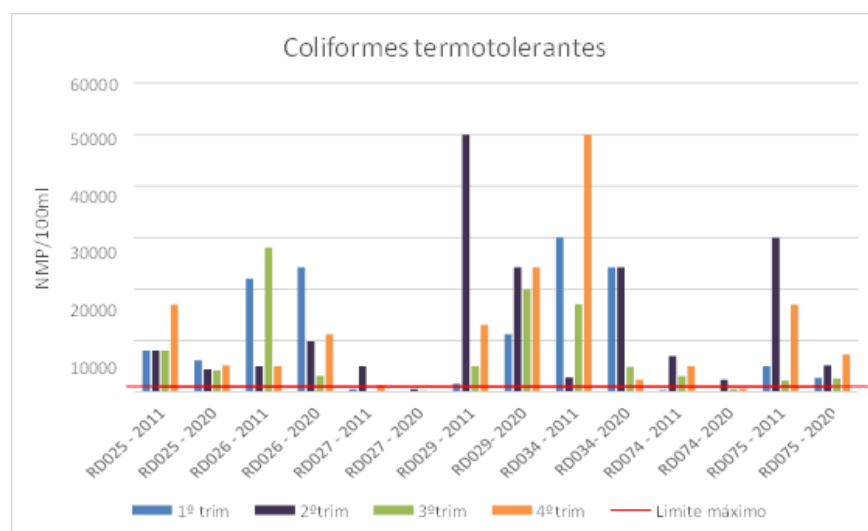


Figura 2. Coliformes Termotolerantes comparandos à COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Conforme a Tabela 5 e a Figura 2 a maioria das estações apresentaram valores trimestrais de coliformes termotolerantes superiores ao estabelecido pela DN COPAM/CERH-MG N°

01/2008. As exceções foram as estações RD027, em 2020, que não apresentaram nenhum valor superior ao limite, já em 2011, obteve valores superiores no 2° e 4° trimestre; a RD074, em 2011,

que não apresentou valor superior ao limite apenas no 1º trimestre, e em 2020, alcançou valor superior ao limite apenas no 2º trimestre.

Valores expressivos de Coliformes podem indicar que aconteceram lançamentos de esgotos perto dos dias das análises dos corpos d'água, que há despejo de esgotos domésticos de habitações próximas às margens dos rios e que há atividades pecuárias e presença de animais de sangue quente nos locais. Os lançamentos de esgotos in natura, provenientes dos municípios, sem tratamento prévio contribuem para os elevados teores de coliformes termotolerantes.

Os coliformes termotolerantes, mais especificamente a *E. coli*, são usados na avaliação

da qualidade da água e no indicativo de contaminação por fezes e decomposição de matéria orgânica. Esta avaliação é importante, por permitir a prevenção de doenças que são transmitidas por fezes. A urbanização contribui para aumento de superfícies de baixa permeabilidade nas bacias hidrográficas, o que contribui para aumento do volume de água pluvial escoado superficialmente nos terrenos e, conseqüentemente, amplia os poluentes carreados aos cursos de água receptores, o que pode degradar a qualidade de suas águas. Os valores de DBO máximos permitidos de pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, são menores que 5 mg/L. Na Tabela 6 e Figura 3 tem-se as variações dos valores da DBO.

Tabela 6. DBO comparao ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	2,00	2,00	2,00	2,20
RD025	2020	2,00	2,00	2,00	2,00
RD026	2011	2,00	2,00	2,00	2,00
RD026	2020	2,00	2,00	2,00	2,00
RD027	2011	2,00	2,00	2,00	2,00
RD027	2020	2,00	2,00	2,00	2,00
RD029	2011	2,00	2,00	2,00	2,00
RD029	2020	2,00	2,00	2,00	2,40
RD034	2011	2,00	2,00	2,00	2,00
RD034	2020	2,00	2,00	2,00	2,00
RD074	2011	2,00	2,00	2,00	2,00
RD074	2020	2,00	2,00	2,00	2,00
RD075	2011	2,00	2,00	2,00	2,00
RD075	2020	2,00	2,00	2,00	2,00

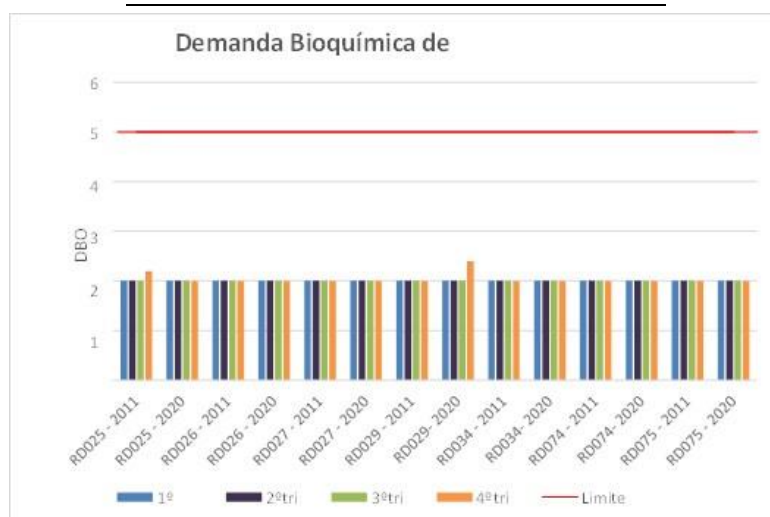


Figura 3. DBO comparado ao limite estabelecido nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Avaliando-se a Tabela 6 e a Figura 3, conclui-se que todas as análises das estações apresentaram valores satisfatórios de DBO, prevalecendo o valor de 2 (mg/L) de DBO em praticamente todas as análises.

estabelece que o valor de OD (Oxigênio Dissolvido) para águas doces em curso hídrico de classe 2 deve ser superior a 5,0 mg/L (Minas Gerais, 2008). A variação dos níveis médios de oxigênio dissolvidos nos pontos analisados é apresentada na Tabela 7 e Figura 4.

A DN COPAM/CERH-MG nº01/2008

Tabela 7. Oxigênio Dissolvido comparado ao limite COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	8,10	8,60	9,30	8,00
RD025	2020	7,60	8,40	8,80	7,40
RD026	2011	8,10	8,60	8,90	7,70
RD026	2020	7,50	8,50	8,90	6,80
RD027	2011	7,90	8,80	9,00	7,50
RD027	2020	7,00	8,10	8,50	7,50
RD029	2011	8,10	8,50	9,40	8,20
RD029	2020	7,70	8,90	8,70	7,50
RD034	2011	7,60	8,40	9,30	7,80
RD034	2020	7,60	8,70	8,70	7,90
RD074	2011	8,10	8,50	9,40	8,30
RD074	2020	7,90	8,50	9,00	8,00
RD075	2011	8,40	8,80	9,40	8,20
RD075	2020	8,00	8,80	9,10	8,00

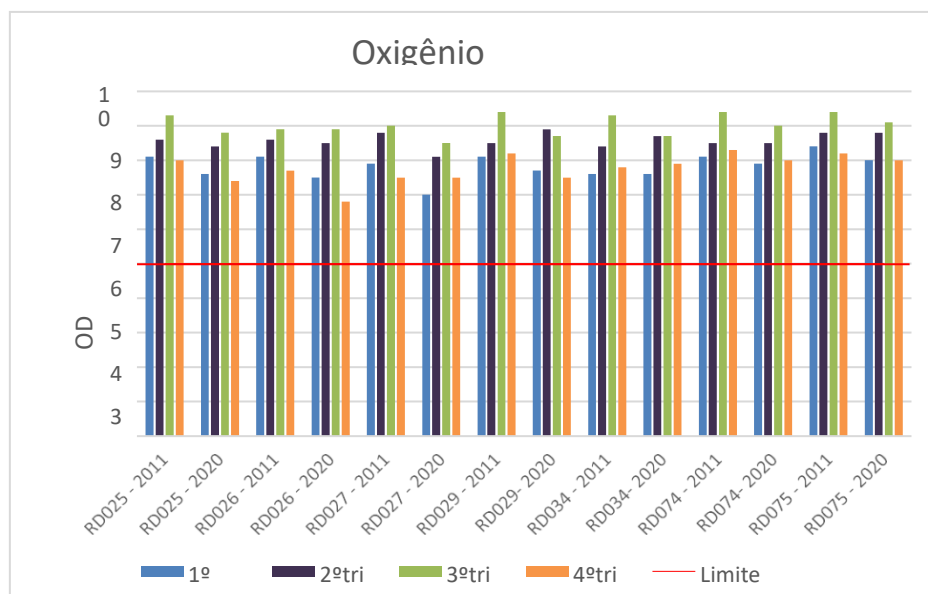


Figura 4. Oxigênio Dissolvido comparado ao limite nas COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Nas estações e períodos analisados os valores obtidos de OD foram maiores que o limite mínimo indicado pela DN COPAM/CERH-MG N° 01/2008. OD é o parâmetro com maior peso no cálculo do IQA, assim, sua escassez pode contribuir para diminuição do valor de IQA e desencadear

problemas aos ambientes aquáticos. A DN COPAM/CERH-MG N° 01/2008 indica valores ideais de pH entre 6 e 9 (MINAS GERAIS, 2008). Os valores de pH estão expostos na Tabela 8 e Figura 5.

Tabela 8. Valores de pH comparado ao limite da COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	6,30	6,10	6,50	7,00
RD025	2020	6,00	6,00	6,30	7,10
RD026	2011	6,80	6,60	6,60	7,20
RD026	2020	7,20	6,30	6,40	7,20
RD027	2011	6,00	6,20	6,00	6,90
RD027	2020	7,30	6,40	6,40	7,20
RD029	2011	6,90	6,70	6,90	7,20
RD029	2020	6,50	6,00	6,60	6,20
RD034	2011	6,80	6,80	6,60	7,20
RD034	2020	6,90	6,20	7,30	6,20
RD074	2011	6,20	5,70	6,50	7,20
RD074	2020	6,20	6,10	6,20	7,40
RD075	2011	6,30	6,10	6,10	7,30
RD075	2020	6,50	5,60	6,30	7,30

(Legenda) Vermelho: valores abaixo do limite mínimo.

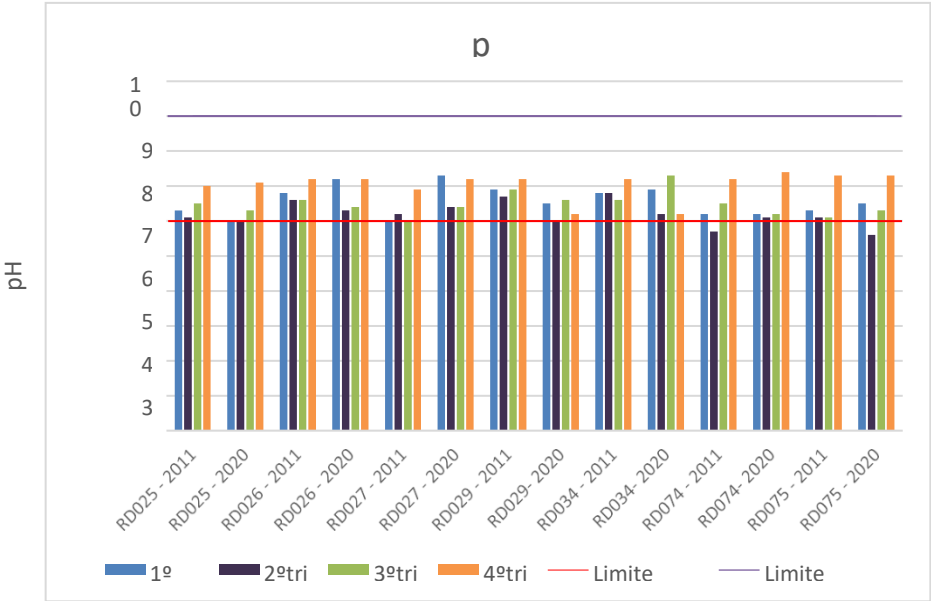


Figura 5. Valores de pH comparados ao limite da COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Na Tabela 8 e na Figura 5, constata-se que todos os valores de pH ficaram entre 6 e 9, com exceção da amostragem do mês de maio/2011 da estação RD074 (pH 5,7) e de maio/2020 da RD075 (pH 5,6). Algumas estações apresentaram o valor do limite mínimo ideal (pH 6), sendo elas RD025 (amostragens de janeiro e maio de 2020), RD027 (amostragens de janeiro e julho de 2011) e RD029 maio/2020. Nenhuma análise extrapolou o limite máximo ideal de pH (9). São predominantes os valores de pHs considerados ácidos ($\text{pH} < 7$). Já os índices de alcalinidade correspondem aos valores de $\text{pH} > 7,0$ e de neutralidade $\text{pH} = 7,0$. O pH pode

variar em função da disponibilidade de sais, dos esgotos, da quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, quanto maior a quantidade disponível, menor o pH, pois para haver decomposição de materiais ocorre produção de ácidos orgânicos dissolvidos. Também pode ser influenciado pelos tipos litológicos e de solos, quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas. Para mananciais de abastecimento público Classe 2, o limite de Turbidez é de 100 unidades nefelométrica de turbidez (UNT) pela DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008, a Tabela 9 e Figura 6, mostra os valores.

Tabela 9. Valores de Turbidez comparados ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	40,80	59,20	9,12	14,30
RD025	2020	74,10	20,10	15,20	9,31
RD026	2011	44,70	59,30	6,86	15,60
RD026	2020	85,50	28,00	12,20	6,10
RD027	2011	23,80	26,10	5,41	2,47
RD027	2020	22,30	5,83	4,96	2,15
RD029	2011	37,50	58,60	6,12	4,85
RD029	2020	61,30	6,74	5,40	8,43
RD034	2011	42,20	46,30	10,30	8,57
RD034	2020	239,00	7,88	9,25	4,31
RD074	2011	127,00	124,00	10,20	8,38
RD074	2020	53,50	6,20	5,38	2,71
RD075	2011	30,10	271,00	7,83	6,97
RD075	2020	266,00	6,31	4,96	2,55

(Legenda) Vermelho: valores acima do limite.

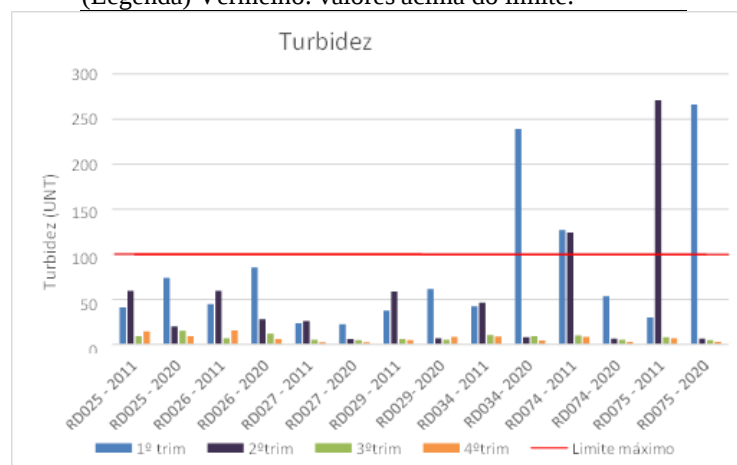


Figura 6. Valores de Turbidez comparados ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Os valores observados na Tabela 9 e Figura 6 indicam valores superiores ao estabelecido nas estações RD034, em 2020, (1º trimestre/período chuvoso), RD074, em 2011, (1º trimestre/período chuvoso e 2º trimestre), RD075, em 2011, (2º trimestre), e RD075, em 2020, (1º trimestre/período chuvoso).

Geralmente, os maiores valores de turbidez ocorrem em período chuvoso e podem indicar presença de efluentes domésticos mais frescos ou mais concentrados, bem como a presença de resíduos de solos. O problema da alta turbidez é muito maior que apenas a água “suja” com sedimentos dissolvidos e em suspensão. Pois, a turbidez é um indício do volume do solo que é lavado e transportado, solos normalmente ricos em substância que prejudicam a saúde humana e do ambiente aquático (Carvalho et al., 2021).

As ações antrópicas desempenham papel fundamental sobre os índices da turbidez, por meio do lançamento de efluentes sob os corpos hídricos, a lixiviação e carreamento de partículas de solo exposto, e a extração de areia, por exemplo, que provocam revolvimento dos sedimentos no fundo dos rios. Altos níveis de turbidez podem formar barreiras dificultando a penetração de luz na água, prejudicando a ação dos organismos fotossintetizantes, e comprometendo a sucessão dos ciclos ambientais de fixação de energia e nutrientes.

Analizando a correlação entre os valores de vazão e de turbidez na bacia, uma vez que vazões maiores indicam dias que sucedem maiores índices pluviométricos e devido às fontes mais significativas de turbidez apontam em maiores valores, se confirma a influência dos períodos chuvosos sobre os índices de turbidez e a sua sazonalidade.

Os resultados obtidos para turbidez apontaram estreita relação com os períodos de maior precipitação, em condições amostrais precedidas por chuva (vazões maiores) os resultados foram mais altos que condições climáticas mais secas. Nos ambientes próximos aos lançamentos de efluentes, a turbidez também apresentou tendência a se destoar dos demais valores, mesmo em condições secas.

O autor concluiu ainda que, diversas formas de uso e ocupação do solo têm somado condições para sua perda por salpicamento (gotas da chuva tem contato direto com o solo promovendo sua desagregação em superfície) e, outras formas até mais agressivas, que liberam material particulado capaz de alterar os níveis de turbidez da água. O Limite de fósforo total estabelecido pela DN COPAM-CERH nº01/2008 é de 0,1 mg/L para águas com movimentos lóticos e tributários intermediários. Na Tabela 10 e Figura 7 são apresentados os valores obtidos de Fósforo total.

Tabela 10. Fósforo Total comparados ao limite na DN COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	0,08	0,09	0,04	0,02
RD025	2020	0,02	0,04	0,04	0,03
RD026	2011	0,11	0,02	0,06	0,09
RD026	2020	0,06	0,08	0,06	0,13
RD027	2011	0,05	0,02	0,02	0,03
RD027	2020	0,02	0,04	0,03	0,06
RD029	2011	0,04	0,07	0,04	0,05
RD029	2020	0,06	0,07	0,15	0,05
RD034	2011	0,05	0,03	0,07	0,08
RD034	2020	0,16	0,09	0,05	0,05
RD074	2011	0,07	0,06	0,02	0,02
RD074	2020	0,02	0,02	0,02	0,02
RD075	2011	0,02	0,14	0,02	0,02
RD075	2020	0,11	0,02	0,04	0,03

(Legenda) Vermelho: valores acima do limite.

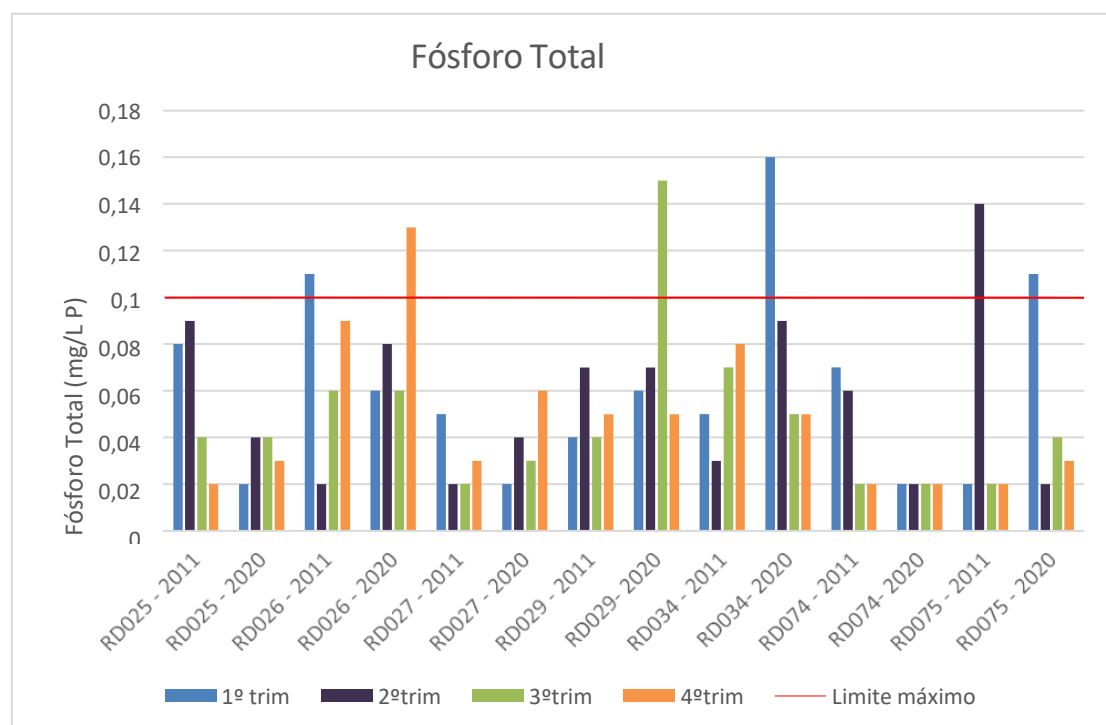


Figura 7. Fósforo Total comparado ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

A Tabela 10 e Figura 7, mostram que a maioria dos valores foram inferiores ao limite estabelecido pela DN COPAM-CERH n° 01/2008 de 0,1 mg P/L. Sendo obtidos valores superiores nas estações RD026, 2011, (1º trimestre/período chuvoso) e, em 2020, (4º trimestre/período chuvoso); na estação RD029, em 2020, 3º trimestre, RD034, em 2020, 1º trimestre/período chuvoso; e, na estação RD075, em 2011, 2º trimestre e, em 2020, 1º trimestre/período chuvoso. A presença excessiva de fósforo pode ser resultado

de águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também, isso devido à aplicação de fertilizante no solo. Com a elevação da precipitação, há aumento das enxurradas e dos processos erosivos, e consequentemente, acréscimo da quantia de resíduos de fertilizantes levados para os cursos d'água, o que pode explicar maior teor de fósforo total em períodos de chuvas. O Limite estabelecido pela DN COPAM-CERH n° 01/2008 é de 10 mg/L de N. Os valores de Nitrogênio total estão ilustrados na Tabela 11 e Figura 8.

Tabela 11. Nitrogênio Total comparado ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Mai	Jul	Out
RD025	2011	0,17	0,27	0,22	0,30
RD025	2020	0,40	0,15	0,39	0,37
RD026	2011	0,23	0,36	0,35	0,36
RD026	2020	0,22	1,08	0,57	0,67
RD027	2011	0,16	0,37	0,25	0,20
RD027	2020	0,54	0,67	0,58	0,47
RD029	2011	0,26	0,44	0,44	0,37
RD029	2020	0,55	0,94	0,80	1,65
RD034	2011	0,33	0,60	0,87	0,75
RD034	2020	0,89	0,99	1,22	1,30
RD074	2011	0,10	0,18	0,16	0,16
RD074	2020	0,13	0,21	0,43	0,32
RD075	2011	0,07	0,17	0,10	0,11
RD075	2020	0,23	0,12	0,31	0,28

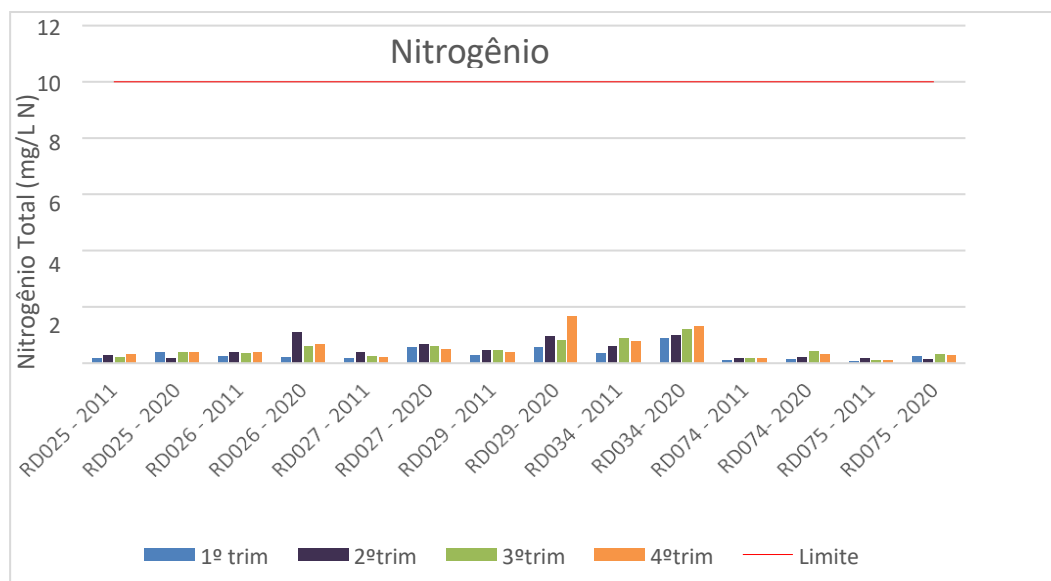


Figura 8. Nitrogênio Total comparado ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2

Conforme explicitado na Tabela 11 e Figura 8, não houve valores de Nitrogênio Total superiores ao estabelecido pela DN. Carvalho et al., 2021) explica que o nitrogênio total pode contribuir para a completa abundância de nutrientes na água e sua eutrofização. Os nitrogênios amoniacal e orgânico são importantes para avaliar o nitrogênio disponível para as atividades biológicas. A concentração de nitrogênio total em rios que não são influenciados pelo excesso de insumos orgânicos varia de 0,5 a 1,0 mg/L.

Os resultados são valores obtidos superiores a 1,0 mg/L em algumas avaliações, no

3º e 4º trimestre da RD034, 2º trimestre da RD026 e 4º trimestre da RD029. Carvalho et al., 2021), correlacionou o uso do solo com a qualidade da água e os resultados indicaram que o aumento da precipitação e aumento das enxurradas, culmina em aumento dos processos erosivos, e uma maior quantidade de resíduos de fertilizantes são carregados para os cursos d'água, o que explica o valor de nitrogênio total na estação chuvosa. A DN COPAM - CERH n° 01/2008 estabelece o limite de 100 mg/L de sólidos totais. Na Tabela 12 e Figura 9, apresenta-se a distribuição de sólidos totais nos pontos amostrados.

Tabela 12. Sólidos Totais comparado ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2.

Estação	Ano	Jan	Maio	Jul	Out
RD025	2011	64,00	72,00	34,00	51,00
RD025	2020	40,00	41,00	49,00	47,00
RD026	2011	73,00	71,00	35,00	58,00
RD026	2020	96,00	61,00	60,00	67,00
RD027	2011	43,00	52,00	39,00	53,00
RD027	2020	61,00	56,00	66,00	50,00
RD029	2011	71,00	68,00	47,00	54,00
RD029	2020	81,00	54,00	66,00	73,00
RD034	2011	76,00	74,00	55,00	73,00
RD034	2020	272,00	80,00	102,00	73,00
RD074	2011	56,00	63,00	31,00	32,00
RD074	2020	56,00	38,00	49,00	40,00
RD075	2011	44,00	272,00	33,00	32,00
RD075	2020	55,00	42,00	40,00	30,00

(Legenda) Vermelho: valores acima do limite.

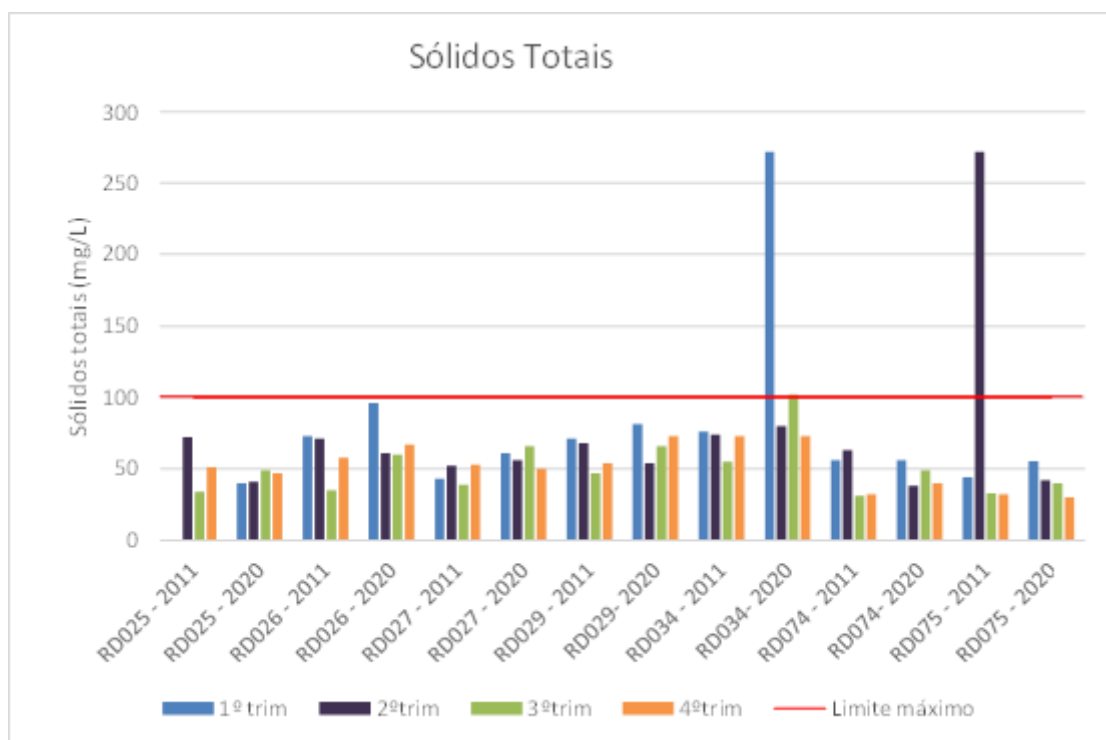


Figura 9. Sólidos Totais comparado ao limite na COPAM/CERH-MG N° 01/2008 para rios classe 2

Conforme Tabela 12 e Figura 9, foram observados valores de sólidos totais superiores ao estabelecido, apenas nas estações RD034, em 2020 (1º trimestre/período chuvoso e 3º trimestre), e na estação RD075, em 2011 (2º trimestre). Altos níveis de sólidos totais podem estar relacionados à lixiviação dos solos devido à ausência de matas ciliares e áreas de preservação permanentes (APPs).

A água com excessivo teor de sólidos em suspensão ou minerais dissolvidos têm sua

utilidade limitada, pois torna-se inadequada para consumo humano, por ser corrosiva e até abrasiva. Valores de 500ppm de sólidos dissolvidos, geralmente, ainda são viáveis para uso doméstico, mas provavelmente inadequada para uso em vários processos industriais. Já águas com teor de sólidos superior a 1000ppm são inadequadas para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva. Os resultados mensais e a média anual dos valores de IQA dos anos 2011 e 2020 são apresentados na Tabela 13 e Figura 10.

Tabela 13. Resultados mensais e a média anual do IQA - 2011 e 2020.

Estação	Ano	Jan	Mai	Jul	Out	Média Anual
RD025	2011	57,25	54,71	61,57	59,72	58,31
RD025	2020	55,60	60,80	62,70	65,10	61,05
RD026	2011	54,37	59,87	56,62	62,80	58,41
RD026	2020	52,70	56,20	63,80	59,20	57,97
RD027	2011	67,86	60,63	77,33	71,40	69,30
RD027	2020	76,00	71,30	74,40	77,20	74,72
RD029	2011	66,92	50,80	65,17	61,30	61,04
RD029	2020	55,30	53,70	55,80	52,90	54,42
RD034	2011	54,48	63,41	57,15	54,53	57,39
RD034	2020	43,60	53,90	63,50	63,60	56,15
RD074	2011	57,61	46,56	65,97	66,04	59,04
RD074	2020	82,10	65,50	71,30	74,80	73,42
RD075	2011	61,35	41,37	65,61	60,91	57,31
RD075	2020	51,09	60,00	65,70	64,90	60,42

(Legenda) laranja: IQA ruim, amarelo: IQA médio, verde claro: IQA bom

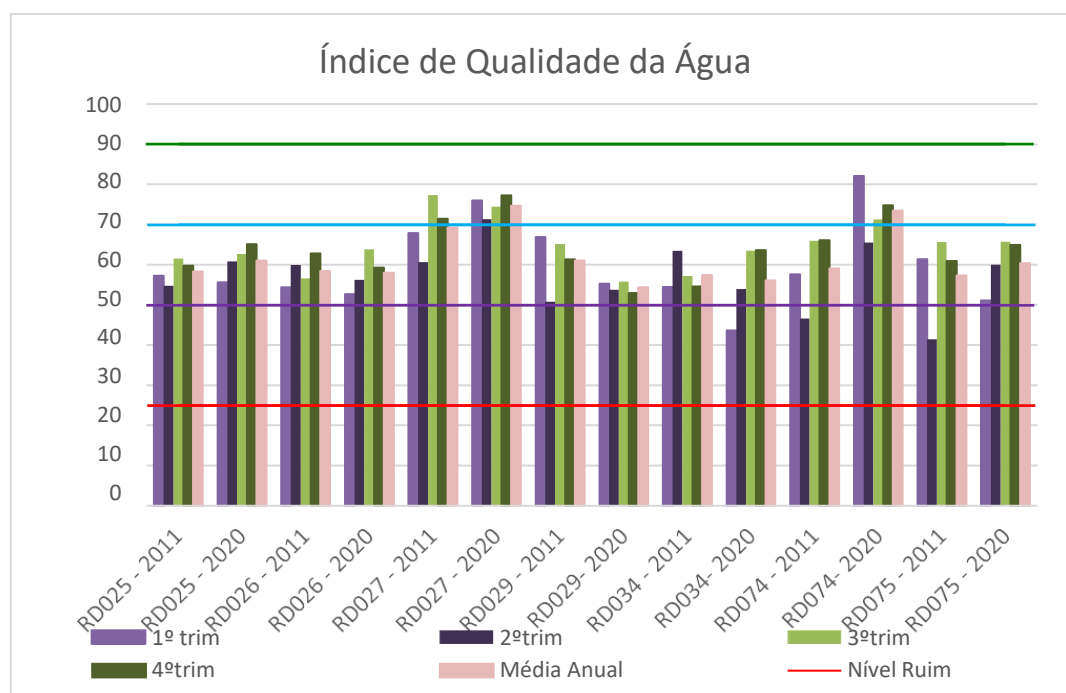


Figura 10. Resultados mensais e média anual do IQA - 2011 e 2020.

De uma maneira geral, analisando-se os resultados dos parâmetros de qualidade da água, as oscilações de valores referentes ao IQA podem estar associadas principalmente às elevadas concentrações de Coliformes Termotolerantes, e também devido às variações pH, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Os valores de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio se mostraram satisfatórios.

Considerando os resultados de IQA da Tabela 13 e Figura 10, percebe-se que, na maioria das estações e períodos analisados, os IQAs foram classificados como médios. As estações RD025, RD026 e RD029 apresentaram todos os valores de IQA médios, já outras estações tiveram variações de IQAs em médios, bons e ruins.

Comparando-se os resultados de 2011 e 2020, nota-se que a classe de IQA permaneceu a mesma ou melhorou em praticamente todas as avaliações de 2020, com exceção da RD034 que teve todos IQAs médios em 2011 e, em 2020, obteve IQA ruim no 1º trimestre (período chuvoso). Com destaque à melhora de IQA da RD027, que obteve IQA bom em dois trimestres de 2011, já em 2020 obteve IQA bom em todos trimestres e média anual; a RD074, em 2011, que obteve IQA ruim no 2º trimestre e médio nos demais trimestres e média anual, já em 2020 obteve IQA médio no 2º trimestre e IQA bom nos demais trimestres e média anual; e a RD075, que no 2º

trimestre obteve IQA ruim e em 2020 obteve IQA médio em todos os trimestres e média anual.

As análises de 2020 das estações RD027 e RD074 foram as que apresentaram melhores valores de IQA, apresentando IQA bom em todos os trimestres e médias anuais, com exceção apenas do 2º Trimestre da RD074 que apresentou valor médio. Sendo que, as referidas estações não apresentaram nenhum parâmetro fora do limite estabelecido pela DN COPAM-CERH nº 01/2008 no ano de 2020.

A estação RD034 apresentou valores médios de IQA em todos trimestres e média anual, com exceção do 1º trimestre de 2020 que apresentou IQA ruim. Na estação RD074, é possível observar diferença entre os valores trimestrais e entre as médias anuais. Em 2011, o IQA foi médio em todos os trimestres e na média anual, com exceção do 2º trimestre que apresentou IQA ruim. Já em 2020, o IQA foi bom em todos trimestres e média anual, com exceção do 2º trimestre que apresentou IQA médio. A estação RD075 apresentou valores médios de IQA nos trimestres e média anual, com exceção do 2º trimestre de 2020 que apresentou IQA ruim.

Os piores resultados de IQA (IQA ruins) foram da estação RD034 (1º trimestre de 2020), da RD074 (2º trimestre de 2011) e RD075 (2º trimestre de 2011). Nestes períodos, todas as estações citadas excederam o valor limite de

Coliformes Termotolerantes, que é um dos parâmetros que quando alterado mais abaixa o valor do IQA, tendo a RD034 obtido o valor de 24196 N.M.P/100ml, a RD074 7000 N.M.P/100ml e RD075 30000 N.M.P/100ml. As estações RD074 e RD075 apresentaram valor de pH abaixo do limite mínimo (pH 6), respectivamente 5,7 e 5,6. Todas as três estações citadas apresentaram valores superiores de Turbidez, a RD034 obteve 239 UNT, a RD074 alcançou 124 UNT e a RD075 271 UNT. Quanto aos valores de Fósforo a RD034 obteve 0,16 mg/L P, a RD075 0,15 mg/L P, já a estação RD 074 apresentou 0,09 (valor próximo ao limite). As estações RD034 e RD075 apresentaram valores de Sólidos Totais de 272 mg/L.

Conclusões

Na maioria das estações de qualidade da água e períodos analisados, os IQAs foram classificados como médios. Comparando-se os resultados de 2011 e 2020, a classe de IQA permaneceu a mesma ou melhorou em praticamente todas as avaliações de 2020, com exceção da RD034 que teve todos IQAs médios em 2011 e, em 2020, obteve IQA ruim no 1º trimestre (período chuvoso).

Considerando que a partir de 2025, duas novas estações de tratamento de esgotos estarão entrando em operação no rio Piracicaba, espera-se uma melhoria nos valores dos IQAs durante as novas campanhas de monitoramento.

De uma maneira geral, analisando-se os resultados dos parâmetros de qualidade da água, as oscilações de valores referentes ao IQA podem estar associadas às elevadas concentrações de Coliformes Termotolerantes, e devido às variações pH, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Já os valores de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio foram satisfatórios nas análises de qualidade da água.

Como sugestão para uma melhoria contínua da qualidade de água do rio Piracicaba, é necessário e urgente as melhorias no saneamento básico essencial das áreas urbanas e zona rural, com instalações de novas ETEs, e aumento nas campanhas de monitoramento das águas do rio.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior-Brasil (CAPES)-Código de

Financiamento 001, agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos-PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Referências

- Ali, J. M., Noble, B. C., Nandi, I., Kolok, A. S., Bartelt-Hunt, S. L. 2019. Assessing the Accuracy of Citizen Scientist Reported Measurements for Agrichemical Contaminants. *Environmental Science Technology* 21, 5633-5640. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06707>
- Asadollah, S. B. H. S., Sharafati, A., Motta, D., Yaseen, Z. M. 2021. River water quality index prediction and uncertainty analysis: a comparative study of machine learning models. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9, 104599. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104599>.
- Asha, A. S., Saifullah, A. S. M., Uddin, M. G., Sheikh, M. S., Uddin, M. J., Diganta, M. T. M. 2020. Assessment of trace metal in macroalgae and sediment of the Sundarban mangrove estuary. *Applied Water Science* 10, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1134-2>.
- Babbar, R., Babbar, S. 2017. Predicting river water quality index using data mining techniques. *Environmental Earth Sciences* 76, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6845-9>.
- Beecham, S., Razzaghmanesh, M. 2015. Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate. *Water Research* 70, 370-384. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.12.015>
- Biggs, T. W., Santiago, T. M. O., Sills, E., Caviglia-Harris, J. 2019. The Brazilian Forest Code and riparian preservation areas: spatiotemporal analysis and implications for hydrological ecosystem services. *Regional Environmental Change* 19, 2381-2394. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01549-w>
- Blake, C., Rhanor, A. K. 2020. The impact of channelization on macroinvertebrate bioindicators in small order Illinois streams: insights from long-term citizen science research. *Aquatic Sciences*, 82, 35. doi:<https://doi.org/10.1007/s00027-020-0706-4>
- Blignaut, J. N. 2019. Making investments in natural capital count. *Ecosystem Services* 37, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100927>
- Bos, J. S., Nanayakkara, L., Hurlbert, M., Finlay, K. 2019. Citizen science for Saskatchewan

- lakes: a pilot project. *Lake and Reservoir Management* 35, 77-89. <https://doi.org/10.1080/10402381.2018.1538172>
- BRASIL. 1997. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídrico, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta a inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº8001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- Bremer, L. L., Wada, C. A., Medoffa, S., Page, J., Falinski, K., Kimberly, M., Burnett, K.M. 2019. Contributions of native forest protection to local water supplies in East Maui. *Science of The Total Environment* 688, 1422-1432. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.220>
- Brooks, S. J., Fitch, B., Davy-Bowker, J., Codesal, S. A. 2019. Anglers' Riverfly Monitoring Initiative (ARMI): A UK-wide citizen science project for water quality assessment. *Freshwater Science* 38, 270-280. <https://doi.org/10.1086/703397>
- Bui, D. T., Khosravi, K., Tiefenbacher, J., Nguyen, H., Kazakis, N. 2020. Improving prediction of water quality indices using novel hybrid machine-learning algorithms. *Science of the Total Environment* 721, 137612. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137612>
- Burić, D., Mijanović, I., Doderović, M., Mihajlović, J., Trbić, G., 2023. Assessment of the environmental quality of Lake Skadar and its urban surroundings in Montenegro. *European Journal of Geography* 14, 76-87. <https://doi.org/10.48088/ejg.d.bur.14.2.076.087>
- Cadavid-Florez, L., Laborde, J., Zahawi, R. A. 2019. Using landscape composition and configuration metrics as indicators of woody vegetation attributes in tropical pastures. *Ecological Indicators* 101, 679-691. <httpdoi.org/10.1016/j.ecolnd..01.072>
- Castro, K. Q., Gonçalves, J. A. C. 2022. Quantificação do Potencial Hídrico Subterrâneo do Baixo Curso do Rio Piracicaba (MG): Interação das Águas Subterrâneas e Superficiais. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 15, 1881-1901. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.4.p1881-1901>
- Carvalho, V. R., Gonçalves, J. A. C., Couto, E. A. 2021. Obtenção de vazão de diluição de efluentes utilizando o modelo de qualidade de água QUAL-UFMG. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais* 12, 737-753. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0056>
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2008. 540p.
- Celentano, D., Rousseau, G. X., Engel, V. L., Zelarayan, M., Oliveira, E. C., Araujo, A. C. M., Moura, E. G. 2017. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in eastern Amazon of Brazil. *Land Degradation and Developmen* 28, 482-493. <https://doi.org/10.1002/ldr.2547>
- Costa, F. B.; Ferreira, V. O. 2018. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia* 7, 18.
- Cunha, D. G. F., Casali, S. P., de Falco, P. B., Thornhill, I., Loisele, S. A. 2017. The contribution of volunteer-based monitoring data to the assessment of harmful phytoplankton blooms in Brazilian urban streams. *Science of the Total Environment*, 584-585, 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.080>
- Cunha, D. G. F., Magri, R. A. F., Tromboni, F., Ranieri, V. E. L., Fendrich, A. N., Campanhão, L. M. B., Riveros, E. V., Velázquez, J. A. 2019. Landscape patterns influence nutrient concentrations in aquatic systems: Citizen science data from Brazil and Mexico. *Freshwater Science* 38, 365-378. <https://doi.org/10.1086/703396>
- Diganta, M. T. M., Saifullah, A. S. M., Siddique, M. A. B., Mostafa, M., Sheikh, M. S., Uddin, M. J., 2023. Macroalgae for biomonitoring of trace elements in relation to environmental parameters and seasonality in a sub-tropical mangrove estuary. *Journal of Contaminant Hydrology* 256, 104190 <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2023.104190>.
- Field-Juma, A., Roberts-Lawler, N. 2021. Using Partnerships and Community Science to Protect Wild and Scenic Rivers in the Eastern United States. *Sustainability* 13, 2102. <https://doi.org/10.3390/su13042102>
- Gani, M. A., Sajib, A. M., Siddik, M. A., Moniruzzaman, M. 2023. Assessing the impact of land use and land cover on river water quality

- using water quality index and remote sensing techniques. *Environmental Monitoring and Assessment* 195, 449. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-10989-1>.
- Georgescu, P. L., Moldovanu, S., Iticescu, C., Calmuc, M., Calmuc, V., Topa, C., Moraru, L. 2023. Assessing and forecasting water quality in the Danube River by using neural network approaches. *Science of the Total Environment* 879, 162998. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162998>.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. 2023. Conheça Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/> Acesso em: 01 de agosto de 2023.
- IGAM Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2021. Gestão e situação das águas de Minas Gerais. Bacia hidrográfica do rio Doce. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/t/155?task=view> Acesso em: 10 de março de 2021.
- Lemes, M. C. R.; Reboita, M. S.; Torres, R. R. 2020. Mudança no uso e cobertura da terra na bacia do Rio Tietê e seus impactos na Temperatura da Superfície (TS). *Revista Brasileira de Climatologia* 27, 2237- 2252. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.68836>.
- Malav, L. C.; Yadav, B.; Tailor, B. L.; Pattanayak, S.; Singh, S. V.; Kumar, N.; Reddy, G. P. O.; Mina, B. L.; Dwivedi, B. S.; Jha, P. K. 2022. Mapping of Land Degradation Vulnerability in the Semi-Arid Watershed of Rajasthan, India. *Sustainability* 14, 1-16. <https://doi.org/10.3390/su141610198>.
- Mamat, N., Mohd Razali, S.F., Hamzah, F.B., 2023. Enhancement of water quality index prediction using support vector machine with sensitivity analysis. *Frontiers in Environmental Science* 10, 1061835. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1061835>.
- Michalak, A. 2016. Study role of climate change in extreme threats to water quality. *Nature* 535, 349-350. <https://doi.org/10.1038/535349>
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação-Diário do Executivo- “Minas Gerais”-13/05/2008.
- Moisa, M. B.; Dejene, I. N.; Merga, B. B.; Gameda, D. O. 2022. Impacts of land use/land cover dynamics on land surface temperature using geospatial techniques in Anger River Sub-basin, Western Ethiopia. *Environmental Earth Sciences* 81, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10221-2>
- Pacheco, F.A.L.; Fernandes, L.F.S.; Valle, R.F.; Valera, C.A.; Pissara, T.C.T. 2018. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. *Current Opinion Environmental Science & Health* 5, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.002>.
- Pal, S.; Ziaul, S. 2017. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 20, 125-145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.11.003>.
- Piasentin, A. M., Semensatto Junior, D. L., Saad, A. R., Monteiro Junior, A. J., Raczka, M. F. 2009. Índice de Qualidade da Água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. *Geociências*, 28, 305-317
- Raharjo, B., Nakagoshi, N. 2018. Priorities mapping in landscape: Spatial decision support of the Indonesian forest landscape. *Landscape Ecology for Sustainable Society* 155-180. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74328-8_10
- Romshoo, S. A.; Amin, M.; Sastry, K. L. N.; Parmar, M. 2020. Integration of social, economic, and environmental factors in GIS for land degradation vulnerability assessment in the Pir Panjal Himalaya, Kashmir, India. *Applied Geography* 125, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102307>.
- Roy, S.; Pandit, S.; Eva, E. A.; Bagmar, S. H.; Papia, M.; Banik, L.; Dube, T.; Rahmanf.; Razi, M. A. 2020. Examining the nexus between land surface temperature and urban growth in Chattogram Metropolitan Area of Bangladesh using long term Landsat series data. *Urban Climate* 32, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100593>.
- Sarif, M. D. O.; Gupta, R. D. 2022. Evaluation of seasonal ecological vulnerability using LULC and thermal state dynamics using Landsat and MODIS data: a case study of Prayagraj City, India (1987–2018). *Environmental Science and Pollution Research* 1-34.

- <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21225-7>.
- Silva, M. P. M.; Faria S. D.; Moura, P. M. 2017. Modelagem da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (MG). Engenharia Sanitaria Ambiental 22, 133-143. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017134420>
- SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2023
- Siqueira, M. N., Morais, A. R., Faria, K. M. S., Castro, S. S. 2016. Ecological Aspects Related To Ligneous Vegetation in the Permanent Preservation Areas of Mineiros, Goiás, in Light of the New Native Vegetation Protection Policy - Law 12.651/2012. Revista Árvore 40, 575-584. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000400001>
- Souza, C. M. Z., Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L. A., Alencar, A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M. G., Ferreira L, Souza-Filho, P. W. M. 2020. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing 12, 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- Uddin, M. G., Nash, S., Rahman, A., Olbert, A. I. 2023. A sophisticated model for rating water quality. Science of the Total Environmental 869, 161614. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161614>
- Unke, P.; Mueller, E. N.; Schroder, B.; Zeilhofer, P. 2015. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. Ecohydrology 8, 1154-1180. <https://doi.org/10.1002/eco.1573>
- Wang, P.; Yu, P.; Lu, J.; Zhang, Y. 2022. The mediation effect of land surface temperature in the relationship between land use-cover change and energy consumption under seasonal variations. Journal of Cleaner Production 340, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130804>
- Wang, Y. C.; Hu, B. K. H.; Myint, S. W.; Feng, C. C.; Chow, W. T. L.; Passy, P. F. 2018. Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon, Myanmar. Science of the Total Environment 643, 738-750. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.209>
- Xiao, R., Wang, G., Zhang, Q., Zhang, Z. 2016. Multi-scale analysis of relationship between landscape pattern and urban river water quality in different seasons. Scientific Reports 6, 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep25250>
- Yeste, P., García-Valdecasas Ojeda, M., Gamiz-Fortis, S. R., Castro-Díez, Y., EstebanParra, M. J. 2020. Integrated sensitivity analysis of a macroscale hydrologic model in the north of the Iberian Peninsula. Journal Hydrogeology 590, 125230. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125230>
- Zhang, W., Huang, W., Tan, J., Guo, Q., Wu, B., 2022. Heterogeneous catalysis mediated by light, electricity and enzyme via machine learning: paradigms, applications and prospects. Chemosphere 308, 136447. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136447>