

Hemerobia e índice de qualidade da água na bacia do rio Piracicaba (MG)

Os recursos hídricos podem sofrer grandes impactos devido às transformações antrópicas, que ocasionam alterações na qualidade e quantidade de água em uma bacia hidrográfica. Ferramentas que avaliam o grau de alteração da paisagem, como a definição dos graus de hemerobia, atreladas a dados de qualidade da água podem subsidiar ações de planejamento e gestão de uma bacia. Assim, o objetivo deste artigo é avaliar o grau de hemerobia da bacia do rio Piracicaba - MG e suas relações com o Índice de Qualidade da Água (IQA). Foram elaborados o mapa de uso e cobertura do solo, a classificação da área quanto aos graus de hemerobia, o cálculo do Índice de Qualidade da Água e o levantamento dos dados trimestrais dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA para o ano de 2020. Os resultados indicam o predomínio dos graus mínimo (43%) e médio (32%) de hemerobia na bacia, com graus muito alto (2,7%) e máximo (1,2%) pontuais, concentrados na região do Vale do Aço e no município de Itabira. O IQA variou de bom a médio, com valores de 76 a 56. Dentre os parâmetros utilizados no cálculo do IQA, os coliformes termotolerantes e a turbidez foram os que apresentam valores expressivos acima do permitido pela legislação. Os resultados indicam influência das áreas de hemerobia média, ocupadas por pastagens, agricultura e áreas não vegetadas, sobre os altos teores de turbidez na bacia; e a influência das áreas de hemerobia muito alta, representada por infraestrutura urbana, nos altos teores de coliformes termotolerantes.

Palavras-chave: Alteração da paisagem; Turbidez; Coliformes termotolerantes.

Hemeroby and water quality index in the Piracicaba River basin (MG)

Water resources can suffer big impacts due to human transformations, which cause changes in the quality and quantity of water in a hydrographic basin. Tools that assess the degree of change in the landscape, such as the definition of degrees of hemeroby, linked to water quality data can support planning and management actions in a basin. Thus, the aim of this article is to evaluate the degree of hemeroby in the Piracicaba River basin - mg and its relationship with the water quality index (WQI). The land use and cover map, the classification of the area according to the degrees of hemeroby, the calculation of the water quality index and the collection of quarterly data on the parameters used in the calculation of the WQI for the year 2020 were prepared. The results indicate the predominance of minimum (43%) and medium (32%) degrees of hemeroby in the basin, with punctual very high (2,7%) and maximum (1,2%) degrees, concentrated in the region of Vale do Aço and in the municipality of Itabira. The WQI ranged from good to medium, with values from 76 to 56. Among the parameters used to calculate the WQI, thermotolerant coliforms and turbidity were those with values above those allowed by law. the results indicate the influence of areas of medium hemeroby, occupied by pastures, agricultural and non-vegetated areas, on the high turbidity levels of the basin; and the influence of areas with very high hemeroby, represented by urban infrastructure, on the high levels of thermotolerant coliforms.

Keywords: Landscape alteration; Turbidity; Thermotolerant coliforms.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **07/08/2022**

Approved: **25/08/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Fernanda Maria Belotti 

Universidade Federal de Itajubá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5777360077113950>
<https://orcid.org/0000-0003-3417-3738>
fernandabelotti@unifei.edu.br

Gabrielle Loubach Miranda 

Universidade Federal de Itajubá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6848655083400878>
<https://orcid.org/0000-0002-8036-8774>
loubachgabi@gmail.com

Eliane Maria Vieira 

Universidade Federal de Itajubá, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5997337541777088>
<https://orcid.org/0000-0003-1749-6105>
elianevieira@unifei.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0015

Referencing this:

BELOTTI, F. M.; MIRANDA, G. L.; VIEIRA, E. M.. Hemerobia e índice de qualidade da água na bacia do rio Piracicaba (MG). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.8, p.189-200, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.008.0015>

INTRODUÇÃO

Durante todo o processo de desenvolvimento e estruturação da sociedade, o homem desenvolveu uma relação de uso direto dos recursos naturais, guiada principalmente pela necessidade de produção e moradia (CIDREIRA et al., 2017). O processo de crescimento desordenado e intenso das cidades expõe os problemas ambientais causados pela ocupação não planejada, como a supressão da vegetação, degradação do solo, contaminação dos recursos hídricos, alteração na biodiversidade, entre outros (STANGANINI et al., 2018).

Nesse contexto, a paisagem natural e os recursos hídricos sofrem grandes modificações devido às transformações antrópicas, caracterizadas principalmente pela urbanização. Silva et al. (2019) entendem a urbanização como uma maior inserção tecnológica, que compreende a implantação de indústrias, residências, pavimentações, práticas agrícolas e outras atividades que substituem os elementos naturais de um determinado espaço geográfico.

Assim, para auxiliar a gestão deste espaço, é importante que as paisagens sejam caracterizadas de acordo com sua estrutura e dinâmica, posto que diferentes paisagens revelem potencialidades diferentes, tornando essencial a identificação das limitações e aptidões (LIBERTI et al., 2019). Por esse ângulo, uma ferramenta importante de classificação das paisagens é a avaliação do grau de hemerobia.

Segundo Belém et al. (2011), o conceito de hemerobia já passou por diversas evoluções, mas sempre esteve relacionado ao grau de naturalidade ou de modificações da paisagem. Para o autor, a definição mais adequada é quanto ao grau de dependência energética e tecnológica da paisagem, utilizando como base principalmente as funções da natureza, como regulação, suporte, produção e informação. Utilizando como premissa o conceito de hemerobia, as unidades de paisagem podem ser classificadas com os graus de mínimo a máximo, sendo que a menor graduação representa áreas de fragmentos florestais e o maior grau de hemerobia representa área industriais (MEZZOMO et al., 2016).

Silva et al. (2016) salientam que quanto mais privados são os cidadãos do contato com a natureza, devido a urbanização, maior é a dependência energética e tecnológica para a manutenção e o funcionamento das funções da natureza, corroborando a definição do termo.

Nesse sentido, é importante entender a relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água e sua influência na bacia hidrográfica, uma vez que o conhecimento dessa relação norteia o planejamento e a gestão ambiental.

A bacia hidrográfica é definida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2011), como “região compreendida por um território e por diversos cursos d'água”, desse modo as atividades que nela acontecem apresentam grande capacidade de influenciar a qualidade da água. Dentre os principais fatores relacionados à deterioração da qualidade da água estão o assoreamento e a erosão, oriundos do manejo inadequado em áreas agrícolas e o lançamento de efluentes domésticos e industriais (SILVA et al., 2017).

São diversas as ferramentas que permitem avaliar a qualidade da água, mas o Índice de Qualidade

da Água (IQA), ganha destaque por se apresentar como uma metodologia integrada de análise e sintetizar diversas informações em um único valor ou categoria (SILVEIRA, 2018). De acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2019), o IQA é calculado utilizando os nove parâmetros mais representativos da qualidade da água para abastecimento, sendo eles, oxigênio dissolvido, potencial de hidrogênio, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, variação de temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais e com base no resultado obtido, classifica-se a qualidade da água entre ótima, boa, regular, ruim ou péssima (SANTOS et al., 2016). Por meio de parâmetros físicos, químicos ou microbiológicos é possível identificar se o corpo hídrico se encontra em equilíbrio ou se está sob influência de contaminantes, processos erosivos ou outros processos.

Assim, este estudo teve como objetivo classificar o grau de antropização da bacia do rio Piracicaba - MG utilizando o conceito de hemerobia e relacionar com o Índice de Qualidade da Água (IQA) da área de estudo, e assim contribuir para o planejamento e gestão da bacia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Piracicaba – Figura 1, está localizada no estado de Minas Gerais e tem como rio principal o rio Piracicaba com 241 km de extensão, sendo um dos principais afluentes do rio Doce. Está inserida em dois biomas, Mata Atlântica e Cerrado, sendo o primeiro predominante, com sazonalidades marcantes entre o período de inverno (seco) e verão (chuvoso).

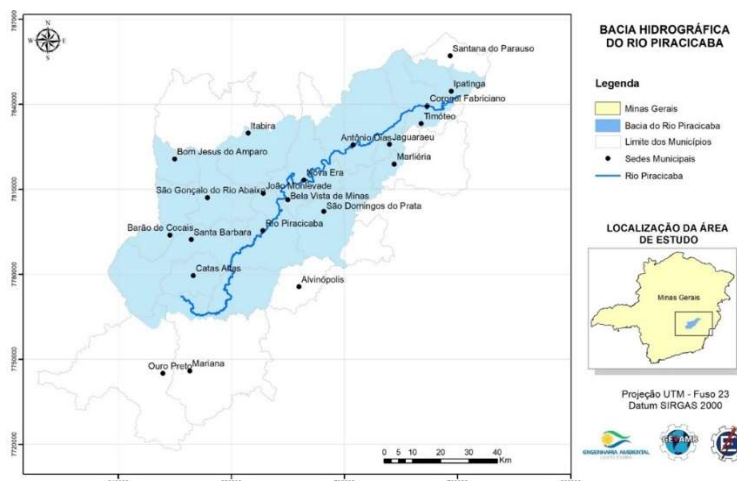


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo.

A bacia ocupa uma área de 5.685,86 km² e apresenta grande importância para região pois abrange 21 municípios, total ou parcialmente. Destes 21 municípios, 17 apresentam sede na bacia.

Classificação da hemerobia e Índice de Qualidade da Água

Para a definição dos graus de hemerobia da bacia hidrográfica do rio Piracicaba, elaborou-se o mapeamento de uso e cobertura do solo utilizando dados gerados pelo Projeto de Mapeamento Anual da

Cobertura e Uso do Solo no Brasil – Projeto MapBiomias coleção 5¹, referente ao ano de 2019, e a partir desse mapa, reclassificou-se as categorias obtidas, em graus de hemerobia, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Grau de hemerobia em relação as classes de uso da bacia.

Grau de Hemerobia	Reclassificação a partir do mapa de uso e Ocupação
Mínimo	Formação Florestal
Muito Baixo	Floresta Plantada
Baixo	Formação Savânica, Floresta Campestre
Médio	Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Lavoura Perene, Outras Lavouras Temporárias, Áreas não vegetadas
Alto	Não há categoria de uso e ocupação do solo na bacia que se encaixe nesta classe.
Muito Alto	Infraestrutura urbana
Máximo	Mineração

Fonte: Adaptado de Mezzomo et al. (2016).

Para a classificação dos graus de hemerobia, utilizou-se o que foi proposto por Mezzomo et al. (2016), seguindo como premissa a caracterização da área do estudo e as informações sobre o uso e ocupação do solo; contudo, no presente trabalho não se obteve nenhuma classe que se assemelhe ao grau alto proposto pelos autores citados. Além dos dados obtidos no Mapbiomas, para elaboração de todos os mapas foram utilizados os shapefiles correspondentes aos seguintes limites: bacia hidrográfica do rio Piracicaba obtida do site da ANA, municípios pertencentes à bacia e o limite do estado de Minas Gerais obtidos do site do IBGE, os arquivos vetoriais do rio Piracicaba e afluentes, também obtidos do site da ANA, pontos de monitoramento do IGAM (obtidos do site deste órgão). Para o processamento dos dados geoespaciais foi utilizado como software principal o Sistema de Informação Geográfica - SIG ArcGIS, com as seguintes definições, projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 23S, Datum SIRGAS 2000.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi calculado para as 13 (treze) estações de monitoramento existentes na bacia, segundo as orientações da Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), para o ano de 2020. Os cálculos foram realizados no software Excel, utilizando os parâmetros obtidos através de dados de monitoramento dos quatro trimestres do ano de 2020, disponíveis no site do IGAM. O valor do IQA pode variar de 0 a 100 e são classificados em níveis de qualidade conforme Tabela 2.

Tabela 2: Classificação da qualidade das águas.

Faixa	Nível de Qualidade
90 < IQA ≤ 100	Excelente
70 < IQA ≤ 90	Bom
50 < IQA ≤ 70	Médio
25 < IQA ≤ 50	Ruim
0 < IQA ≤ 25	Muito Ruim

Fonte: IGAM (2019).

Além dos valores de IQA calculados para cada estação, foram elaboradas tabelas com os dados dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA para os quatro trimestres de 2020 e seus resultados comparados com o que é proposto pela Resolução CONAMA 357/2005.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio Piracicaba foi diferenciada em treze categorias de cobertura da terra segundo a

¹ <https://mapbiomas.org/>

classificação do Mapbiomas, conforme Figura 2.

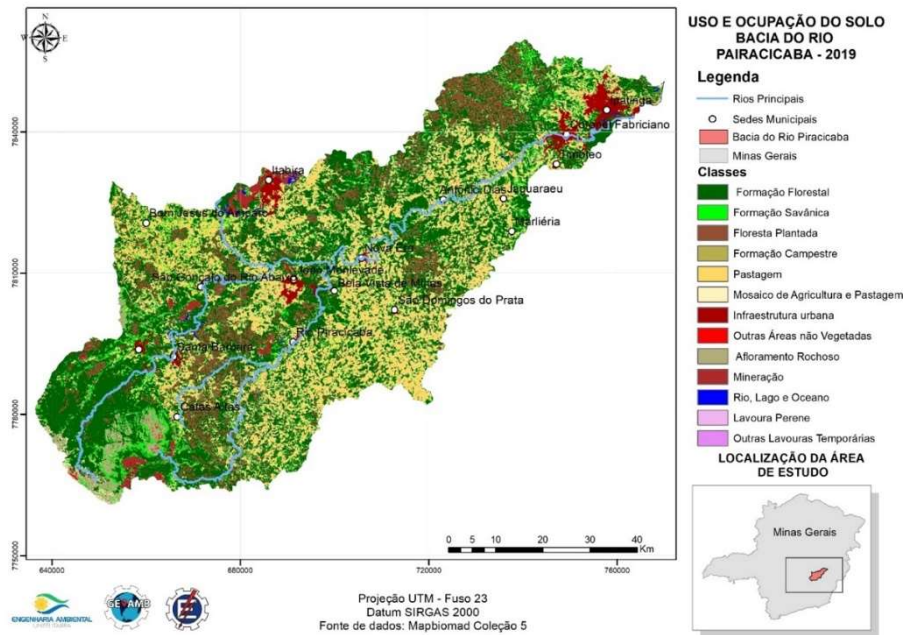


Figura 2: Uso e ocupação da Bacia do Rio Piracicaba.

Dentre as treze categorias, as classes identificadas como Formação Florestal, Pastagem e Floresta Plantada são as que apresentam maior predominância, respectivamente. Outras classes que se destacam, apesar de concentradas em alguns pontos da área, são a Mineração e a Infraestrutura Urbana, observadas principalmente no município de Itabira e na Região do Vale do Aço (municípios de Ipatinga, Coronel Fabriciano, Timóteo e Santana do Paraíso).

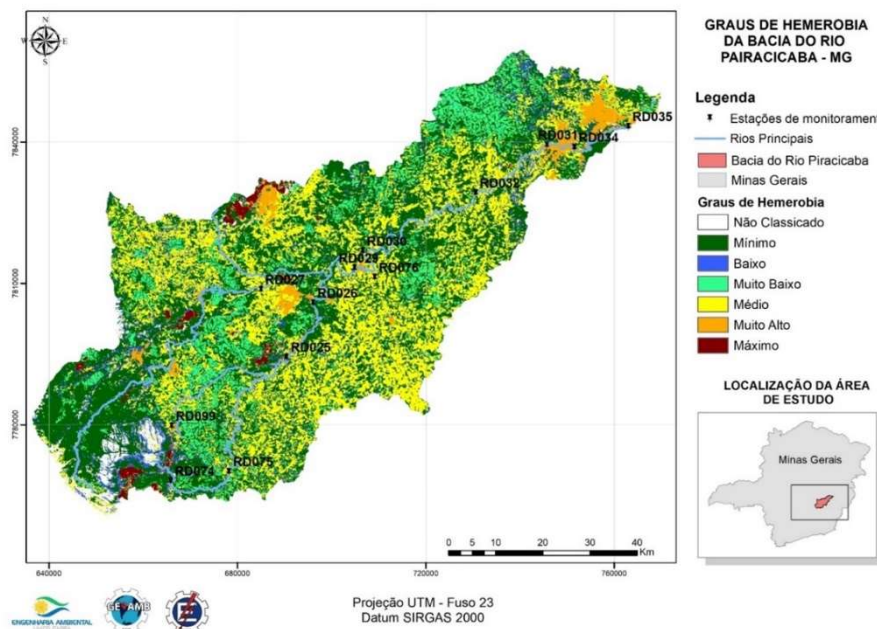


Figura 3: Grau de hemerobia da Bacia do Rio Piracicaba.

Com relação à hemerobia, a bacia apresenta predominância dos graus mínimo (43%) e médio (32%), sendo o primeiro correspondente a áreas de formação florestal e o segundo a áreas de pastagem, agricultura, lavouras e áreas não vegetadas. A distribuição espacial dos graus de hemerobia pode ser visualizada na Figura

3; e a área total e respectiva porcentagem ocupada pelos graus de hemerobia é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Total de área e porcentagem dos graus de hemerobia na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba -MG.

Grau	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Não Classificado	142,71	2,45
Mínimo	2514,99	43,18
Baixo	473,22	8,12
Muito Baixo	590,95	10,15
Médio	1872,66	32,15
Muito Alto	158,71	2,72
Máximo	71,15	1,22
Total	5824,39	100

Essa identificação evidencia que a área requer atenção quanto a seu planejamento, posto que o grau médio se apresentou expressivo. Os impactos relacionados com as atividades presentes neste grau são associados principalmente a qualidade do solo e da água, uma vez que promovem alterações nas propriedades físico-químicas do solo (ARAÚJO et al., 2017), podendo acentuar os processos erosivos e de degradação, reduzir a produtividade agrícola dos solos, alterar a sua capacidade de infiltração e, conseqüentemente, de retenção de água, afetando a manutenção de fluxos hídricos.

No entanto, o grau mínimo evidencia que apesar das inúmeras atividades de potencial alteração das paisagens, a bacia do rio Piracicaba ainda possui grandes áreas de baixa dependência energética e tecnológica para a manutenção da sua funcionalidade.

Os graus de hemerobia classificados como muito alto e máximo ocupam 2,7 e 1,2%, respectivamente, de área da bacia, e estão concentrados na Região do Vale do Aço e no município de Itabira, duas áreas que expressam uma dependência econômica da siderurgia e mineração. De acordo com Caldeira Junior (2018), a Região do Vale do Aço foi estruturada em torno da implantação das siderúrgicas USIMINAS (em Ipatinga) e a ACESITA, atual APERAM (em Timóteo) na década de 1950. Esse processo, além de ocasionar a emancipação dos até então distritos pertencentes a Coronel Fabriciano, promoveu um crescimento urbano acelerado e desordenado principalmente nas cidades de Coronel Fabriciano e Santana do Paraíso, provocado pela demanda de moradia e terra de menor custo se comparados com as cidades industriais, perpetuando problemas de conurbação.

A cidade de Itabira foi o primeiro centro no país de extração mineral em grande escala para exportação, iniciado na década de 1940 com implantação da Companhia Vale do Rio Doce (GUIMARÃES et al., 2017). Desde então, a cidade passou por modificações, não limitadas apenas à paisagem natural, mas também à infraestrutura urbana, à qualidade do ar devido a emissão de material particulado e outros diversos aspectos oriundos da atividade mineradora. Segundo Guimarães et al. (2017), a dependência da cidade em relação a mineração não está apenas associada ao emprego, mas também a administração pública, posto que uma das principais fontes de recurso do município vêm da mineração.

Com relação ao IQA calculado, a bacia não apresentou grandes variações entre os pontos de monitoramento e apontou condições razoáveis dos recursos hídricos. Dentre as 13 estações monitoradas, 2 obtiveram o Índice da Qualidade da Água classificado como bom, e as demais classificado como médio, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Resultado da classificação do IQA em cada estação.

ESTAÇÃO	IQA	Municípios	Curso D'água
RD025	62	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba
RD026	60	João Monlevade	Rio Piracicaba
RD027	76	São Gonçalo do Rio Abaixo	Rio Santa Barbara
RD029	57	Nova Era	Rio Piracicaba
RD030	64	Nova Era	Rio do Peixe
RD031	63	Coronel Fabriciano, Timóteo	Rio Piracicaba
RD032	66	Antônio Dias	Rio Piracicaba
RD034	59	Coronel Fabriciano, Timóteo	Rio Piracicaba
RD035	56	Ipatinga	Rio Doce
RD074	74	Mariana	Rio Piracicaba
RD075	62	Alvinópolis	Rio Piracicaba
RD076	66	Nova Era	Rio do Prata
RD099	61	Catas Altas	Rio Maquiné

Uma das observações pertinentes ao trabalho é a relação entre o grau de hemerobia e a condição dos recursos hídricos. Essa relação se deve ao fato de que os parâmetros representativos para a classificação da qualidade das águas estão diretamente associados às condições externas. As estações RD074 e RD035, localizadas nas extremidades da bacia expressam bem essa relação. A estação RD074, inserida no município de Mariana, está localizada a montante da bacia e sofre influência de áreas que apresentam graus de hemerobia baixo e muito baixo, resultando no segundo melhor IQA obtido, de valor 74. Já a estação RD035, inserida no município de Ipatinga, está localizada a jusante e sofre influência de áreas que apresentam grau de hemerobia muito alto e médio, apresentando o pior IQA da bacia, cujo valor é 56.

As observações pontuais dos valores dos parâmetros observados em cada estação de monitoramento de qualidade da água, referentes aos quatro trimestres de 2020 (tabelas 5 a 7), também reforçam essa relação e permitem uma avaliação mais detalhada quanto às relações entre graus de hemerobia e qualidade da água. Os valores do oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH) e coliformes termotolerantes (E. Coli), nas 13 estações de monitoramento na bacia, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores dos parâmetros OD, PH e E. Coli para o ano de 2020 utilizados no cálculo de IQA.

Estação	Trimestre	OD (mg/L)	pH	E. Coli (NMP/100mL)	Estação	Trimestre	OD (mg/L)	pH	E. Coli (NMP/100mL)
RD025	1	7,6	6	6,13x10 ³	RD026	1	7,5	7,2	2,42x10 ³
	2	8,4	6	4,35 x10 ³		2	8,5	6,3	9,80x10 ³
	3	8,8	6,3	4,11 x10 ³		3	8,9	6,3	3,08x10 ³
	4	7,4	7,1	5,17 x10 ³		4	6,8	7,2	1,12x10 ⁴
RD027	1	7	7,3	1,77 x10 ²	RD029	1	7,7	6,5	1,12x10 ⁴
	2	8,1	6,4	4,87 x10 ²		2	8,9	6	2,42x10 ⁴
	3	8,5	6,3	2,11 x10 ²		3	8,7	6,6	1,99x10 ⁴
	4	7,5	7,2	2,01 x10 ²		4	7,5	6,2	2,42x10 ⁴
RD030	1	7,7	6,9	4,37 x10 ²	RD031	1	7,7	6,5	3,45x10 ¹
	2	9	6,2	4,11 x10 ³		2	8,9	6,2	4,11x10 ³
	3	9	6,9	1,05x10 ³		3	8,9	7,2	3,26x10 ³
	4	8	6,2	1,14x10 ³		4	7,9	6,2	1,21x10 ³
RD032	1	7,6	6,4	4,87 x10 ²	RD034	1	7,6	6,9	2,42x10 ⁴
	2	9	6	1,45x10 ³		2	8,7	6,2	2,42x10 ⁴
	3	8,9	6,7	1,24x10 ³		3	8,7	7,3	4,88x10 ³
	4	8,3	6,1	8,82x10 ²		4	7,9	6,2	2,38x10 ³
RD035	1	6,9	6,6	1,41x10 ⁴	RD074	1	7,9	6,2	1x10 ⁰
	2	8,8	6,2	2,42x10 ⁴		2	8,5	6,1	2,36x10 ³
	3	8,6	6,9	1,20x10 ⁴		3	9	6,2	4,95x10 ²
	4	8,1	6,4	6,87x10 ³		4	8	7,4	5,98x10 ²
RD075	1	8	6,5	2,72x10 ³	RD076	1	8	6,5	5,37x10 ²
	2	8,8	5,6	5,17x10 ³		2	8,2	6,1	8,16x10 ³
	3	9,1	6,3	2,61x10 ³		3	8,9	6,9	6,13x10 ³

	4	8	7,3	7,27x10 ³		4	8,4	6,1	2,14x10 ³
RD099	1	7,6	6,7	1,61x10 ³					
	2	8,2	6	6,97x10 ²					
	3	8,1	6,2	1,29x10 ³					
	4	7,6	7,1	4,61x10 ³					

Fonte: Adaptado de IGAM (2020).

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um parâmetro relacionado com a concentração de matéria orgânica nos ambientes aquáticos. Teores baixos de OD indicam quantidades significativas de matéria orgânica incorporadas ao corpo hídrico e uma intensa atividade bacteriana de consumo para decomposição, e teores elevados indicam uma maior capacidade de autodepuração (ZENI et al., 2016; GLORIA et al., 2017). Foi constatado que os valores de OD estão entre o intervalo de 6,8 a 9,1mg/L, todos acima de 5,0mg/L, portanto em conformidade com o estabelecido para cursos d’água de classe 2 (CONAMA, 2005).

Os valores de pH (potencial hidrogeniônico) encontrados variaram na faixa de 5,6 a 7,4, apresentando um único valor fora do limite de pH (faixa de 6,0 a 9,0) estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/05.

O parâmetro que apresentou variações mais significativas foi o de coliformes termotolerantes, caracterizado pela presença de bactérias de tipo *Escherichia coli* em águas superficiais, que sugere lançamentos de esgotos domésticos nas proximidades dos pontos de monitoramento (ALVES et al., 2018). Os valores obtidos apresentaram, em sua maioria, concentrações de *E. coli* acima do limite estabelecido, que é de 1.000 NMP/100mL para águas de classe 2. O maior valor encontrado foi de 24196,0 NMP/100mL, no primeiro e terceiro trimestre na estação RD029, em Nova Era. A estação RD027, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo foi a única que manteve os valores de *E. coli* dentro do limite durante os quatro trimestres analisados. Tais resultados corroboram a relação do grau de hemerobia e IQA, dado que a estação RD029 obteve o segundo pior IQA da bacia e está sob influência de áreas de grau de hemerobia muito alto. A Tabela 6 apresenta os valores dos parâmetros DBO, nitrato e fósforo total.

As concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato e Fósforo Total obtidos não apresentaram variações significativas. A DBO tem uma relação inversamente proporcional com o OD, uma vez que concentrações elevadas de DBO indicam uma intensa atividade de microrganismos que consomem OD ao degradar a matéria orgânica (FREIRE, 2020; ALVES et al., 2019). Os valores de DBO variaram de <2 a 3,8 mg/L, se enquadrando nos limites indicados pelo CONAMA 357/2005 de valores menores que 5mg/L.

Tabela 6: Valores dos parâmetros DBO, Nitrato e Fosforo para o ano de 2020 utilizados no cálculo de IQA.

Estação	Trimestre	DBO (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosforo Total (mg/L)	Estação	Trimestre	DBO (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosforo Total (mg/L)
RD025	1	<2	0,4	0,02	RD026	1	<2	0,22	0,06
	2	<2	0,15	0,04		2	<2	1,08	0,08
	3	<2	0,39	0,04		3	<2	0,57	0,06
	4	<2	0,37	0,03		4	<2	0,67	0,13
RD027	1	<2	0,54	0,02	RD029	1	<2	0,55	0,06
	2	<2	0,67	0,04		2	<2	0,94	0,07
	3	<2	0,58	0,03		3	<2	0,8	0,15
	4	<2	0,47	0,06		4	<2	1,65	0,05
RD030	1	3,8	2,24	0,02	RD031	1	<2	0,84	0,11
	2	2,5	2,71	0,12		2	<2	0,75	0,03
	3	3,4	2,63	0,15		3	<2	0,83	0,04

	4	2,4	4,08	0,17		4	<2	1,2	0,04
RD032	1	<2	0,85	0,05	RD034	1	<2	0,89	0,16
	2	<2	0,64	0,14		2	<2	0,99	0,09
	3	<2	0,82	0,03		3	<2	1,22	0,05
	4	<2	1,27	0,04		4	<2	1,3	0,05
RD035	1	<2	0,91	0,14	RD074	1	<2	0,13	0,02
	2	<2	0,76	0,1		2	<2	0,21	0,02
	3	<2	0,81	0,05		3	<2	0,43	0,02
	4	<2	1,01	0,04		4	<2	0,32	0,02
RD075	1	<2	0,23	0,11	RD076	1	<2	0,43	0,04
	2	<2	0,12	0,02		2	<2	0,53	0,06
	3	<2	0,31	0,04		3	<2	0,41	0,05
	4	<2	0,28	0,03		4	<2	0,64	0,05
RD099	1	<2	0,23	0,04					
	2	<2	0,14	0,03					
	3	<2	0,18	0,11					
	4	<2	0,16	0,03					

Fonte: Adaptado de IGAM (2020).

O nitrato e fosforo são nutrientes fundamentais nos processos biológicos, no entanto, se encontrados em quantidades elevadas, intensificam a proliferação de algas encadeando a eutrofização do corpo hídrico (VON SPERLING, 2012). Em relação ao nitrato, os valores variaram de 0,13 a 4,8 mg/L e o limite máximo estabelecido é de 10 mg/L. Quanto ao Fósforo total, a resolução estabelece que em ambiente lótico, como são os cursos hídricos analisados, o valor máximo deve ser de 0,1 mg/L e os valores encontrados variaram entre 0,02 e 0,17 mg/L. A estação RD030 sofre influência de graus de hemerobia médio e apresentou valores de fosforo superiores ao limite estabelecido em três dos quatro trimestres observados. A principal fonte de fosforo total e de nitrato pode estar associada ao lançamento de efluentes domésticos e industriais e a águas drenadas de áreas agrícolas devido ao uso de pesticidas e fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2017). A Tabela 7 apresenta os valores de temperatura, turbidez e sólidos totais nas 13 estações de monitoramento da bacia.

Os dados referentes a temperatura não apresentaram variações relevantes, sendo a menor observada de 17,3 °C no terceiro trimestre e a maior de 29,7 °C no primeiro trimestre, em diferentes estações de monitoramento. Apesar da variação estar dentro da normalidade, é importante associar esse parâmetro a outras informações, posto que variações mais intensas podem trazer impactos aos organismos aquáticos e indicar despejos pontuais de efluentes de alta temperatura.

Os resultados de turbidez mostram que em todas as estações de monitoramento, os valores do primeiro trimestre foram os maiores registrados, com exceção da RD099, que teve seu maior valor de turbidez registrado no terceiro trimestre. Em períodos de chuva, a turbidez tende a ser elevada devido ao carreamento de sedimentos, expondo a suscetibilidade dos processos erosivos no entorno. A turbidez reduz a capacidade de penetração solar no corpo d'água pela presença de partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e outros tipos de sólidos suspensos. O valor de turbidez máximo indicado pela resolução é de 100 UNT, entretanto, em diversas estações o valor excedeu o limite definido, como as estações RD031, RD075 e RD099 que registraram valores de turbidez de 240, 266 e 268 UNT respectivamente. Quanto ao Sólidos Totais, por ser um parâmetro diretamente relacionado a turbidez, as estações que apresentaram os maiores valores de turbidez também apresentaram valores elevados de sólidos totais, variando entre 30 mg/L e

307mg/L, mas estavam em conformidade com o limite máximo de 500 mg/L estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/05.

Tabela 7: Valores dos parâmetros Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais para o ano de 2020 utilizados no cálculo de IQA.

Estação	Trimestre	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/L)	Estação	Trimestre	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/L)
RD025	1	7,3	74,1	40	RD026	1	26,8	85,5	96
	2	20,2	20,1	41		2	20,8	28	61
	3	20	15,2	49		3	18,6	12,2	60
	4	24,7	9,31	47		4	26	6,1	67
RD027	1	27,8	22,3	61	RD029	1	26,8	61,3	81
	2	21,3	5,83	56		2	19,1	6,74	54
	3	18	4,96	66		3	18,5	5,4	66
	4	25,2	2,15	50		4	23,4	8,43	73
RD030	1	26,6	191	307	RD031	1	28,8	240	276
	2	17,9	17,8	86		2	22,1	8,53	50
	3	17,3	12,7	1		3	22,6	7,34	97
	4	22,5	9,19	6		4	24,8	8,09	64
RD032	1	27,6	113	151	RD034	1	28,1	239	272
	2	20,3	6,47	54		2	22,8	7,88	80
	3	19,4	5,55	67		3	22,3	9,25	102
	4	25	2,94	50		4	25,5	4,31	73
RD035	1	29,7	149	187	RD074	1	23,5	53,5	56
	2	23,7	60,3	112		2	20,7	6,2	38
	3	23,5	22,3	90		3	19,1	5,38	49
	4	26,7	15,7	65		4	26,6	2,71	40
RD075	1	23,8	266	55	RD076	1	25,9	25,5	69
	2	19,5	6,31	42		2	17,7	8,79	69
	3	18,4	4,96	40		3	17,6	10,2	58
	4	23,6	2,55	30		4	22,1	8,69	44
RD099	1	27,6	147	116					
	2	21,5	19,3	68					
	3	22,5	268	59					
	4	26,2	22	47					

Fonte: Adaptado de IGAM (2020).

Os altos valores de turbidez indicam a necessidade de implantação de técnicas de conservação do solo, buscando reduzir a erosão na bacia, considerando o predomínio do grau de hemerobia médio, composto por áreas de pastagem, agricultura e áreas não vegetadas, áreas nas quais pode ocorrer um grande carreamento de partículas de solo pela erosão, caso não sejam empregadas medidas adequadas de manejo do solo.

CONCLUSÕES

A bacia do rio Piracicaba apresenta predomínio de hemerobia mínima e média, com pontos localizados de hemerobia máxima e muito alta. O predomínio de hemerobia mínima e média indica que a bacia requer atenção quanto ao planejamento, uma vez que ainda apresenta baixa dependência energética e tecnológica e possui inúmeras atividades de grande potencial degradador, possibilitando uma mudança do atual cenário. E apesar do pequeno percentual de hemerobia máxima e muito alta, o potencial poluidor dessas áreas não estão necessariamente associados apenas às suas dimensões, sendo elas grandes gerados de problemas ambientais.

O Índice de Qualidade da Água teve classificações finais médias e boas, sendo sua variação de 56 a 76. O resultado permitiu compreender a influência das atividades na bacia na qualidade dos recursos hídricos.

Dentre os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA, os coliformes termotolerantes e a turbidez apresentaram valores expressivos acima da legislação, evidenciando as relações entre os graus de hemerobia médio, representado por áreas de pastagens, agricultura e áreas não vegetadas, sobre os altos teores de turbidez e o grau de hemerobia muito alto, representado por áreas ocupadas por infraestrutura urbana, sobre os altos teores de coliformes termotolerantes.

Os dados indicam a necessidade de emprego de medidas de conservação de solo nas áreas de hemerobia média, para reduzir a erosão e o aumento da turbidez das águas; e emprego de medidas de tratamento de esgoto nas áreas de hemerobia muito alta, para reduzir os teores dos coliformes termotolerantes nos cursos d'água da bacia.

A classificação da bacia do rio Piracicaba de acordo com a hemerobia e as relações com parâmetros de qualidade da água permitem avaliar a influência da antropização sobre a qualidade da água, servindo com subsídio ao planejamento e gestão de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. S.; MARTINS, L. A.; JESUS L. B.. Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Camarajipe (Salvador – Brasil): diagnóstico dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e determinação do IQA. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v.6, n.1, p.71-80, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3312009>

ALVES, S. G. S.; ATAÍDE, D. G.; SILVA, J. X.. Análise microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v.7, n.1, p.12-17, 2018.

ANA. **Indicadores de qualidade**: Índice de qualidade das águas (IQA). Brasília: ANA, 2021.

ANA. **O Comitê de Bacia Hidrográfica**: O que é e o que faz? Cadernos de capacitação em recursos hídricos. Brasília: ANA, 2011.

ARAUJO, I. N. F.; CUNHA, K. P. V.. Uso e ocupação do solo de uma unidade de planejamento hidrológico da bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 5. **Anais**. João Pessoa: UFPB, 2017.

BELEM, A. L. G.; NUCCI, J. C.. Hemerobia das paisagens: conceito, classificação e aplicação no bairro Pici – Fortaleza/CE. **Ra'Ega: O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v.21, n.1, p.204-233. 2011.

CALDEIRA, R. A. J.. **Avaliação do processo de elaboração do plano diretor de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana do Vale do Aço (MG)**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

CIDREIRA, I. R. G. N.; RODRIGUES, G. G.. Relação homem-natureza e os limites para o desenvolvimento sustentável. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, Recife, v.6, n.2, p.142-156, 2017.

CONAMA. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. 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. Brasília: DOU, 2005.

FREIRE, L. L.. **Variação sazonal e interanual da qualidade das águas de rios do semiárido brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M.. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do Índice de Qualidade da Água - IQA. **Caderno Pedagógico**, Lajeado, v.14, n.1, p.103-119. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421>

GUIMARÃES, C. L.; MILANEZ, B.. Mineração, impactos locais e os desafios da diversificação: revisitando Itabira. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v.41, p.215-236, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v41i0.49360>

IGAM. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2018**: resumo executivo anual. Belo Horizonte, 2019.

IGAM. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais (1º TRIM-2020)**. Belo Horizonte, 2020.

IGAM. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais (2º TRIM-2020)**. Belo Horizonte, 2020.

IGAM. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais (3º TRIM e 4º TRIM- 2020)**. Belo Horizonte, 2020.

LIBERTI, E.; LEITE, H. R.; SILVA, M. C.; NUCCI, J. C.. As paisagens do município de Pinhais (Paraná/Brasil): uma abordagem segundo o conceito de hemerobia. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.20, n.72, p.189-201, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG207242838>

MEZZOMO, M. M.; GASPARINI, G. S.. Estudo da alteração antrópica (hemerobia) da bacia hidrográfica do rio Mourão – PR. **Ra'Ega: O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v.36, p.280-301, 2016.

OLIVEIRA, R. M. M.; SANTOS, E. V.; LIMA, K. C.. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.22, n.3, p.523-529, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017154657>

SANTOS, V. J.; OLIVEIRA, F. B. S.; PALMEIRA, E. S.. Contribuição individual dos parâmetros do índice de qualidade da água– IQA do rio Cachoeira, região sul da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (Gesta)**, Salvador, v.4, n.2, p.252-259, 2016. DOI: <https://doi.org/10.9771/gesta.v4i2.14886>

SILVA, E. L. P.; SILVA, P. O.; TONETTI, E. L.; SANTOS, E.; FARIA, G. G.. Qualidade ambiental e hemerobia da

macrozona urbana de Morretes. **Revista Científica Interdisciplinar Interlogos**, Paranaguá, v.6, n.1, p.1-13, 2019.

SILVA, F. L.; SILVA, G. C.; FUSHITA, A. T.; BIANCHINI, I. J.; CUNHA, M. B. S.. Qualidade das águas e hemerobia da bacia do córrego do Mineirinho, São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.10, n.6, p.1921-1933, 2017. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p1921-1933>

SILVA, M. F.; NUCCI, J. C.. Hemerobia das paisagens e lei de zoneamento do bairro Capela Velha no município de Araucária – PR. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v.10, n.2, p.82-96. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v10i2.35784>

SILVEIRA, L. G.. **Estudo comparativo da utilização do IQA-NSF e IQA-CCME para análise da qualidade da água no estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

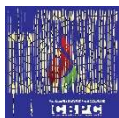
SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

STANGANINI, F. N.; LOLLO, J. A.. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v.10, n.1, p.118-128, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.SUPL1.AO14>

ZENI, T. O.; OSTRENSKY, A.; WESTPHAL, G. G. C.. Respostas adaptativas de peixes a alterações ambientais de temperatura e de oxigênio dissolvido. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v.21, n.3, p.1-16, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v21i3.40165>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157974827615649793>