

GRAU DE PERTURBAÇÃO ANTRÓPICA COMO UMA FERRAMENTA PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Fabio Leandro da Silva (*), Erica Zanardo Oliveira, Marcela Bianchessi da Cunha-Santino, Irineu Bianchini Júnior

* Universidade Federal de São Carlos, fabioleodasilva@gmail.com

RESUMO

A disponibilidade de água para a manutenção tanto das funções ecológicas quanto dos usos múltiplos tem sofrido reduções em sua quantidade devido a ocorrência de perda de sua qualidade e a crescente demanda pelos recursos hídricos relacionados com o desenvolvimento das atividades humanas. O uso e cobertura da terra de uma bacia hidrográfica pode influenciar diretamente no funcionamento e na estrutura dos ecossistemas aquáticos, sendo assim torna-se imprescindível a realização de um monitoramento ambiental desses recursos. Desta forma, o presente trabalho objetivou empregar o critério de Grau de Perturbação Antrópica (GAP) em um gradiente longitudinal da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu (SP), visando obter um panorama das seguintes variáveis limnológicas: (i) oxigênio dissolvido, (ii) fósforo total e (iii) nitrogênio inorgânico. Para tanto, foram utilizados os dados de monitoramento limnológico disponibilizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), durante o período compreendido entre 2013 e 2017. A área de estudo está inserida em uma região que perpassa por um processo de industrialização, o que pode estar relacionado com a existência de um GAP nulo ou insignificante, mas não diminui a necessidade de planejar uma ocupação ordenada na bacia. Ademais, os valores estabelecidos pela legislação podem contribuir na redução da sensibilidade quanto ao enquadramento da perturbação de origem antropogênica.

PALAVRAS-CHAVE: Critério de Qualidade, Ecossistemas Aquáticos, Unidade de Gerenciamento, Manejo.

INTRODUÇÃO

Mundialmente, observa-se uma crescente demanda pelos recursos hídricos, essa situação que faz necessária a adoção de medidas que propiciem o gerenciamento dos mesmos para melhor atender às necessidades das gerações atuais sem o comprometimento das futuras. Todavia, a disponibilidade de água para a manutenção das funções ecológicas e usos múltiplos acaba agravando-se em decorrência da perda de qualidade ocasionada pelo desenvolvimento das atividades humanas.

As atividades antropogênicas encontram-se entre os maiores estressores dos ecossistemas naturais, uma vez que as pressões exercidas pelo seu desenvolvimento impactam a biodiversidade e a integridade ecológica dos sistemas aquáticos, incidindo na alteração na provisão dos serviços ecossistêmicos (GRIZZETTI et al., 2016). Dentre os principais elementos degradadores, destaca-se a conversão de áreas naturais em outros usos da terra, principalmente áreas urbanas e áreas destinadas ao desenvolvimento do agronegócio.

Os usos e cobertura da terra variam ao longo do curso de um corpo hídrico de forma independente, contudo, se as tipologias ocupacionais (e.g. canaviais, pastagens, áreas urbanas) localizam-se relativamente próximas dos corpos d'água, efeitos cumulativos podem interferir de forma direta no funcionamento e estrutura dos ecossistemas aquáticos (ENGLERT et al., 2015). Sendo assim, torna-se imprescindível realizar uma análise da qualidade da água associada com o desenvolvimento das atividades humanas, principalmente no que se refere aos recursos hídricos superficiais (DELKASH et al., 2018). A realização de um monitoramento ambiental auxilia na compreensão dos impactos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e identificação de áreas prioritárias (SOUZA et al., 2014) para a realização de um manejo adequado.

A realização de associações é importante para os gestores, visto que as águas superficiais necessitam de sofisticada caracterização e manejo (BAIN & YESLILONIS, 2012). Nesse contexto, a aplicação de ferramentas que favorecem a formulação de estratégias de manejo auxilia na realização de intervenções e tomada de decisão, principalmente no que se refere aos indicadores limnológicos e a gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

Frente ao exposto, o presente trabalho visa aplicar um critério de qualidade no contexto de gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas.

OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo realizar o emprego do critério de qualidade para corpos hídricos Grau de Perturbação Antrópica – GPA (SEPA, 1991), visando obter o panorama de algumas variáveis limnológicas (i.e. oxigênio dissolvido - OD, fósforo total – P e nitrogênio inorgânico – nitrato, nitrito e amônia) no período de 2013 – 2017 e favorecer o manejo dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu (Estado de São Paulo), considerando o gradiente longitudinal do rio (i.e. curso alto, médio e baixo).

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu está insere-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré, na região centro-oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). As nascentes do rio Jacaré-Guaçu estão localizadas em quatro municípios (Analândia, Brotas, Itirapina e São Carlos), por sua vez, sua foz ocorre no rio Tietê.

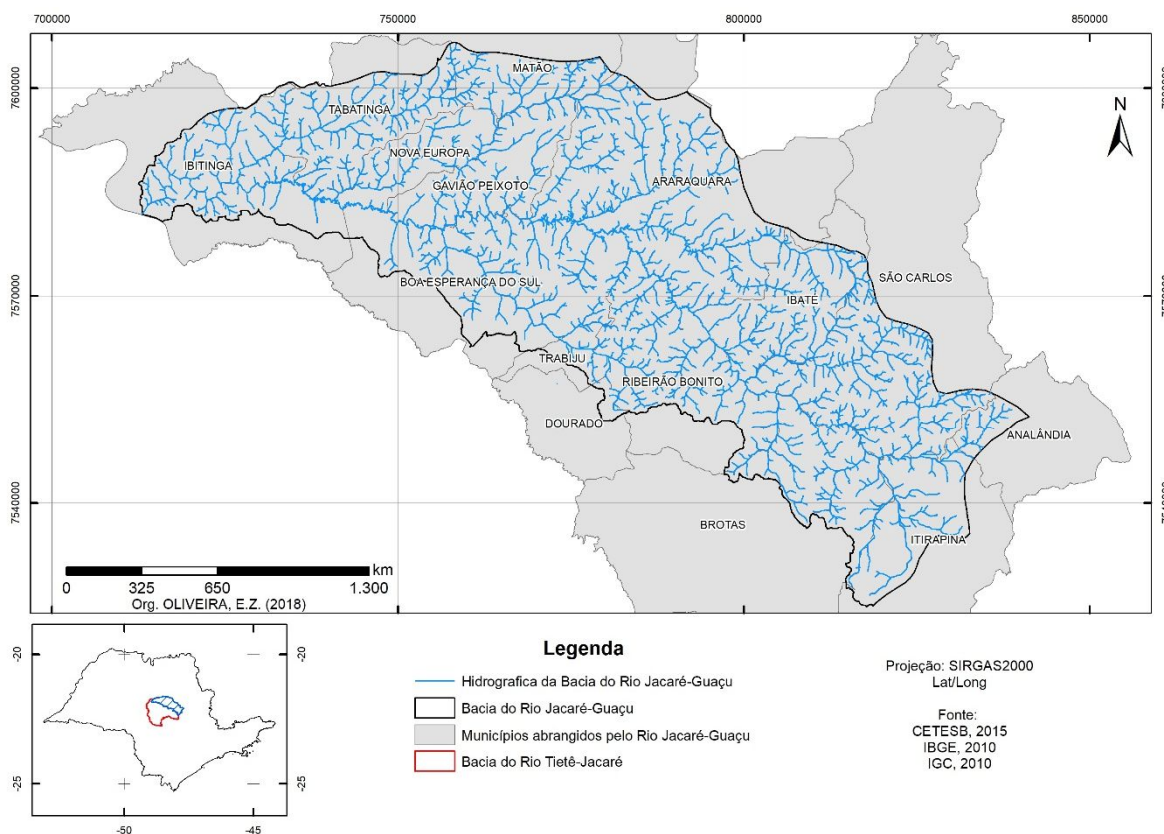


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: Autores do Trabalho.

Cabe destacar que, a bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu encontra-se em uma região caracterizada por sofrer um processo de industrialização (CETESB, 2018). Entretanto, o agronegócio ainda é uma das principais atividades econômicas na região, principalmente o plantio de lavouras temporárias (e.g. cana-de-açúcar) e a pecuária.

O clima da região é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas, um inverno seco e um verão chuvoso (CEPAGRI, 2018).

Buscando a obtenção de um gradiente longitudinal do rio Jacaré-Guaçu, selecionou-se para avaliação os trechos correspondentes ao curso alto, médio e baixo.

CRITÉRIO DE QUALIDADE E DADOS LIMNOLÓGICOS

No presente estudo, foram utilizados os dados limnológicos presentes na base da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), disponibilizados em meio eletrônico na forma de anexos. Para o emprego do critério de qualidade, assumiu-se como premissa que às três primeiras campanhas amostrais realizadas no ano pela CETESB são correspondentes ao período chuvoso, já às outras três foram realizadas durante o período de seca.

O GPA é um critério que enquadra a variável limnológica alvo de estudo em uma das quatro categorias de perturbação (Tabela 1), mediante o produtório obtido entre a concentração da variável e o valor adotado como referência. Buscando verificar a existência de perturbação antrópica sobre os parâmetros limnológicos selecionados para análise, a Resolução CONAMA 357/05 (MMA, 2005) foi empregada como referência. Tal fator possibilitou a formulação de hipóteses dos fatores associados com a possível interferência antrópica no sistema, bem como a formulação de ações para a sua minimização.

Tabela 1. Relação do produtório obtido para as variáveis limnológicas e o seu respectivo GPA. Fonte: SEPA, 1991.

P, Nitrato, Nitrito e Amônia	Oxigênio Dissolvido	Descrição
≤ 1,5	≤ 10	Nula ou insignificante (NI)
1,5 – 2,0	10 – 20	Baixa (B)
2,0 – 3,0	20 – 30	Severa (S)
> 3,0	> 30	Muito Severa (MS)

RESULTADOS

Os resultados obtidos após a aplicação do GAP são apresentados na Tabela 2, observa-se que no período considerado durante a avaliação foram encontrados valores que indicam a existência de um GAP igual a nulo ou insignificante. Tal fator pode ser associado com o fato de que a bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu está inserida em uma área que passa por um processo de industrialização (CETESB, 2018), situação que difere do grau de alterações antropogênicas observadas nas bacias hidrográficas já industrializadas.

Outro possível fator consiste no fato de que, às alterações observadas não alteraram profundamente o funcionamento e estrutura do ecossistema aquático, sendo assim a capacidade de metabolização desses compostos não foi comprometida.

Observou-se um enriquecimento dos nutrientes entre os trechos avaliados do rio, apesar do GAP ser enquadrado como nulo ou insignificante. Tal fator pode estar associado com a entrada desses compostos no sistema ao longo do percurso do rio. Destaca-se ainda que, os maiores valores de GAP foram encontrados durante o período de estiagem, marcado pelo menor ocorrência de precipitações atmosféricas e menor volume de água nos ecossistemas aquáticos, o que contribui para uma menor diluição dos nutrientes presentes na coluna d'água. Em relação ao oxigênio, observa-se, de forma geral, que os maiores valores de GAP foram observados no curso alto do rio, situação que pode indicar que a degradação de matéria orgânica pode estar ocorrendo na região.

O rio Jacaré-Guaçu, durante o recorte temporal selecionado para a análise, não apresentou concentrações de nutrientes ou alterações nos níveis de oxigênio que indiquem forte alteração do sistema em função do desenvolvimento das atividades antrópicas.

Cabe salientar também, que a Resolução CONAMA 357/05 estabeleceu valores orientadores de qualidade permissivos para algumas classes de enquadramento dos corpos hídricos (e.g. 3 e 4), situação abordada previamente por Pizella & Souza (2007) e Santiago et al. (2017). Dessa forma, torna-se necessário uma reavaliação dos parâmetros a fim de que este critério se torne mais sensível para a detecção de possíveis perturbações nos ecossistemas aquáticos.

Tabela 2. Resultados obtidos após a aplicação do GAP para o rio Jacaré-Guaçu. Fonte: Autores do Trabalho.

		Trecho Alto				
Variável	Estação	2013	2014	2015	2016	2017

P	Cheia	NI (0,184)	NI (0,727)	NI (0,687)	NI (0,373)	NI (0,442)
	Seca	NI (0,271)	NI (1,338)	NI (0,709)	NI (0,462)	NI (0,769)
Nitrato	Cheia	NI (0,07)	NI (0,071)	NI (0,054)	NI (0,068)	NI (0,062)
	Seca	NI (0,03)	NI (0,067)	NI (0,041)	NI (0,064)	NI (0,063)
Nitrito	Cheia	NI (0,05)	NI (0,123)	NI (0,093)	NI (0,103)	NI (0,097)
	Seca	NI (0,03)	NI (0,083)	NI (0,09)	NI (0,07)	NI (0,087)
Amônia	Cheia	NI (0,027)	NI (0,082)	NI (0,008)	NI (0,047)	NI (0,066)
	Seca	NI (0,061)	NI (0,122)	NI (0,008)	NI (0,051)	NI (0,103)
OD	Cheia	NI (1,565)	NI (1,565)	NI (1,473)	NI (1,307)	NI (1,521)
	Seca	NI (0,975)	NI (0,975)	NI (1,587)	NI (1,695)	NI (1,675)

Trecho Médio

Variável	Estação	2013	2014	2015	2016	2017
P	Cheia	NI (0,362)	NI (0,404)	NI (0,756)	NI (0,424)	NI (0,460)
	Seca	NI (0,522)	NI (0,851)	NI (0,653)	NI (0,547)	NI (0,578)
Nitrato	Cheia	NI (0,071)	NI (0,107)	NI (0,104)	NI (0,06)	NI (0,082)
	Seca	NI (0,095)	NI (0,123)	NI (0,065)	NI (0,159)	NI (0,097)
Nitrito	Cheia	NI (0,053)	NI (0,073)	NI (0,08)	NI (0,093)	NI (0,05)
	Seca	NI (0,07)	NI (0,08)	NI (0,09)	NI (0,047)	NI (0,097)
Amônia	Cheia	NI (0,01)	NI (0,022)	NI (0,015)	NI (0,011)	NI (0,009)
	Seca	NI (0,190)	NI (0,034)	NI (0,02)	NI (0,011)	NI (0,021)
OD	Cheia	NI (1,450)	NI (1,552)	NI (1,484)	NI (1,261)	NI (1,473)
	Seca	NI (1,5)	NI (1,271)	NI (1,496)	NI (1,554)	NI (1,54)

Trecho Baixo

Variável	Estação	2013	2014	2015	2016	2017
P	Cheia	NI (0,62)	NI (0,629)	NI (0,88)	NI (0,578)	NI (0,513)
	Seca	NI (0,842)	NI (1,156)	NI (0,882)	NI (0,691)	NI (0,916)
Nitrato	Cheia	NI (0,073)	NI (0,096)	NI (0,122)	NI (0,059)	NI (0,102)
	Seca	NI (0,124)	NI (0,210)	NI (0,079)	NI (0,102)	NI (0,126)
Nitrito	Cheia	NI (0,053)	NI (0,02)	NI (0,04)	NI (0,077)	NI (0,027)
	Seca	NI (0,053)	NI (0,04)	NI (0,09)	NI (0,047)	NI (0,08)
Amônia	Cheia	NI (0,009)	NI (0,103)	NI (0,011)	NI (0,006)	NI (0,008)
	Seca	NI (0,012)	NI (0,011)	NI (0,011)	NI (0,009)	NI (0,012)
OD	Cheia	NI (1,350)	NI (1,271)	NI (1,541)	NI (1,286)	NI (1,465)
	Seca	NI (1,55)	NI (1,500)	NI (1,498)	NI (1,693)	NI (1,753)

CONCLUSÕES

O critério de qualidade para corpos hídricos empregado pode ser de grande auxílio para a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. Entretanto, é necessário se considerar a permissividade dos valores orientadores adotados nacionalmente, uma vez que eles podem contribuir para a redução da sensibilidade do critério em enquadrar a perturbação de origem antropogênica.

Em relação a bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu, recomenda-se a realização de um planejamento com horizonte de médio e longo prazo que possibilite uma ocupação ordenada da bacia, bem como favoreça a manutenção e integridade dos recursos hídricos. Destaca-se ainda, a necessidade de estudos que considerem valores orientadores da própria bacia hidrográfica e que levem em consideração um horizonte de tempo maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bain, D.J., Yesilonis, I.D., Pouyat, R.V. Metal concentrations in urban riparian sediments along an urbanization gradient. *Biogeochemistry*, v. 107, nº 1-3, p. 67 – 79, 2012.
- Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – Cepagri 2018. Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <<https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em 31 de agosto de 2018.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB 2017. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Available from: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp>

content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf. Acesso em 11 de agosto de 2018.

4. Delkash, M., Al-Faraj, F.A.M., Scholz, M. Impacts of Anthropogenic Land Use Changes on Nutrient Concentrations in Surface Waterbodies: A Review. **Clean Soil, Air Water**, v. 46, n° 5, p. 1-10, 2018.
5. Englert, D., Zubrod, J.P., Schulz, R., Bundschuh, M. Variability in ecosystem structure and functioning in a low order stream: Implications of land use and season. **Science of The Total Environment**, v. 538, p. 341 – 349, 2015.
6. Grizzetti, B., Lanzanova, D., Lique, C., Reynaud, A., Cardoso, A.C. Assessing water ecosystem services for water resource management. **Environmental Science & Policy**, v. 61, p. 194-203, 2016.
7. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução nº 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.
8. Pizella, D.G., Souza, M.P. Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 139-148, 2007.
9. Santiago, T.O.M., Rezende, J.L.P., Santos, A.A., Borges, A.F. A eficácia do estabelecimento de padrões de qualidade ambiental. **Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n° 2, p. 85 - 111, 2017.
10. Swedish Environmental Protection Agency (SEPA). **Quality Criteria for Lakes and Watercourses**. Environmental Impact Assessment Department, FreshwaterSection, 1991.
11. Souza, E.C.P.M., Zaroni, L.P., Gasparro, M.R., Pereira, C.D.S. Review of ecotoxicological studies of the marine and estuarine environments of the Baixada Santista (São Paulo, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n° 2, p. 133-147, 2014.