

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

QUALIDADE DA ÁGUA NA REGIÃO DO DELTA DO RIO JACUÍ (RS) POR MEIO DE ÍNDICES AMBIENTAIS: PGA PORTO DE PORTO ALEGRE, RS

Paula Ivana Riediger¹ Lúcia Helena Ribeiro Rodrigues² e Daniel Pereira

Abstract

This study, conducted under the "Water, Sediment, and Aquatic Biota Quality Monitoring Program" as part of the Environmental Management Program (PGA) of the Port of Porto Alegre, evaluated the spatial and temporal dynamics of water quality in the Guaíba Lake. The analysis was based on water quality indices, considering the potential influence of port activities and urban drainage from the city of Porto Alegre in the vicinity of the port operations. The results indicated a declining trend in water quality over five monitoring campaigns conducted between June 2022 and January 2024. These findings highlight the need for continuous monitoring, environmental awareness, and intervention measures to improve water quality.

Resumo

Neste estudo, no âmbito do 'Programa de Monitoramento da Qualidade da Água, Sedimento e Biota Aquática', inserido no Programa de Gestão Ambiental (PGA) do Porto de Porto Alegre, avaliamos a qualidade das águas do Lago Guaíba sob a perspectiva espaço-temporal, através de índices de qualidade da água, considerando a potencial influência das atividades portuárias, bem como a contribuição das drenagens geradas pelo município de Porto Alegre na região das operações do Porto de Porto Alegre. Os resultados obtidos através dos índices de qualidade da água na área adjacente ao Porto de Porto Alegre evidenciaram uma tendência de piora da qualidade ao longo das cinco campanhas realizadas (junho/2022 a janeiro/2024). Esses resultados apontam para a necessidade de ações contínuas de monitoramento, conscientização ambiental e intervenção para melhorar a qualidade da água.

Palavras -chave: Qualidade da água; Lago Guaíba, Índices Ambientais

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico e a qualidade de vida das populações estão diretamente relacionados à disponibilidade e à qualidade dos recursos hídricos. No entanto, a poluição e a degradação desses recursos são efeitos recorrentes do crescimento urbano e populacional, especialmente em regiões metropolitanas, impactando diretamente os usos múltiplos da água (Blume *et al.*, 2010; Londe *et al.*, 2014).

Na região metropolitana de Porto Alegre, destaca-se o Guaíba, principal manancial de abastecimento da capital do Rio Grande do Sul. O Lago Guaíba também funciona como canal navegável, conectando os rios do norte do estado à Laguna dos Patos, ao sul, caracterizando-se como

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hídricas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

UFRGS; Paula.riediger@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hídricas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

um ambiente transicional. Sua morfologia inclui tanto zonas de características lênticas, como margens e áreas rasas, quanto trechos de comportamento lótico, como o canal de navegação.

O Guaíba possui dinâmica de escoamento bidimensional, controlada pelas flutuações do nível da Laguna dos Patos e pela direção e intensidade dos ventos (Menegat *et al.*, 2006, Lopes *et al.* 2018). Na região da Ponta do Gasômetro, o fluxo de água pode variar, num mesmo dia, tanto no sentido Sul como Norte, o que pode ocasionar o represamento das águas. Com esse regime hídrico, grande parte da água do Guaíba fica retida no reservatório por um grande período (MENEGAT *et al.*, 2006; Menegat & Carraro, 2009, Lopes *et al.*, 2018), o que gera menor circulação de massa d'água e, consequentemente, menor diluição dos poluentes. Segundo Laybauer e Bidone (2001), apenas a estreita região do canal (utilizado na navegação) apresenta hidrodinâmica diferente do restante do manancial, com tempo de residência reduzido.

O Guaíba é formado por quatro rios: Jacuí, Caí, Gravataí e dos Sinos, que se encontram na região do Delta do Jacuí. O rio Jacuí drena em grande parte áreas rurais de domínio agrícola, enquanto o rio Gravataí e dos Sinos, drenam áreas densamente populosas da grande Porto Alegre, contribuindo com carga expressiva de esgotos *in natura* lançados em seus tributários, assim como no canal principal. Com uma grande bacia de drenagem, o Guaíba transforma-se em receptor de todas as atividades de uso e ocupação do solo geradas nas sub-bacias que o formam, sendo o rio Jacuí o maior afluente, contribuindo com aproximadamente 75% da vazão do manancial (Lopes *et al.*, 2018).

Na região do Delta do Rio Jacuí está localizado o Porto de Porto Alegre, que contempla o ‘Programa de Monitoramento da Qualidade da Água, Sedimento e Biota Aquática’, inserido no Programa de Gestão Ambiental (PGA) do Porto de Porto Alegre. O programa tem como finalidade monitorar a dinâmica da qualidade das águas na região do Porto organizado, consolidando um banco de dados de variáveis físicas, químicas e biológicas associadas à dinâmica hidrológica e hidrodinâmica do Guaíba.

A qualidade da água na região é condicionada por múltiplas fontes de poluição, tanto naturais quanto antrópicas, incluindo descargas de águas residuais e escoamento pluvial urbano. Para sintetizar e interpretar essas informações, diversos índices de qualidade da água foram desenvolvidos, os quais combinam múltiplos parâmetros em uma métrica única e interpretável, conforme finalidades específicas (Menezes *et al.*, 2010). A construção de índices remonta à proposta de Horton (1965), com base em parâmetros físicos e químicos, e tem sido continuamente aprimorada e aplicada a diferentes contextos (Rana; Ganguly, 2020; Mogane *et al.*, 2023).

Diante desse contexto, o presente trabalho analisa a evolução da qualidade da água no entorno do Delta do Guaíba, com enfoque espaço-temporal, a partir da aplicação de índices de qualidade da água. A análise considera a influência potencial das atividades portuárias e das drenagens urbanas provenientes do município de Porto Alegre, especialmente nas áreas operacionais do Porto de Porto Alegre.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Porto de Porto Alegre está localizado na capital do estado do Rio Grande do Sul, situado à margem esquerda do Lago Guaíba. O Porto situa-se em área urbana da cidade, delimitado pelas coordenadas geográficas 30°00'33" de Latitude-Sul e 51°12'51" de Longitude-Oeste. A área do Porto Organizado de Porto Alegre foi definida pela Portaria do Ministério da Infraestrutura N° 155, de 20 de outubro de 2020, e possui cerca de 4 km de cais acostável, divididos entre os cais Navegantes e Marcílio Dias.

Amostragem

As amostragens de águas superficiais foram realizadas em seis estações de coleta no Delta do Rio Jacuí, em Porto Alegre, RS, nas seguintes datas: campanha 1 (21 de junho de 2022), campanha 2 (26 de julho de 2022) e campanha 3 (17 de janeiro de 2023), campanha 4 (13 de junho de 2023) e campanha 5 (24 de janeiro de 2024). As estações de coleta compreendem uma área de referência, no Canal do Jacuí (CNJ1), e cinco estações na área de influência do Porto, no Canal dos Navegantes (CNE2 a CNE6), além da amostragem de efluentes na galeria de drenagem (GAE) que desaguam na doca 3, próximo da estação CNE5 (Figura 1).

Figura 1. Estações de coleta para o monitoramento de qualidade da água no Delta do Rio Jacuí, Porto Alegre, RS: CJE1, situada no Canal do Jacuí (área de referência); CNE2 a CNE6, situadas no Canal dos Navegantes (área portuária).



- CJE1 ($30^{\circ}1'3''$ S; $51^{\circ}15'12''$ O) – situada no Canal do Jacuí (área de referência), nas margens da Ilha da Casa da Pólvora;
- CNE2 ($29^{\circ}59'24''$ S; $51^{\circ}12'22''$ O) – situada à montante da ponte, à margem esquerda do Canal dos Navegantes (área portuária);
- CNE3 ($30^{\circ}0'20''$ S; $51^{\circ}12'40''$ O) – situada cerca de 20 m à jusante da área de atracamento dos navios da empresa Serra Morena, à margem esquerda do Canal dos Navegantes (área portuária);
- CNE4 ($30^{\circ}1'4''$ S; $51^{\circ}13'33''$ O) – situada em área de deposição nas margens da Ilha do Chico Inglês, à margem direita do Canal dos Navegantes (área portuária);
- CNE5 ($30^{\circ}1'24''$ S; $51^{\circ}13'27''$ O) – situada na entrada da doca III, no Canal dos Navegantes (área portuária);
- CNE6 ($30^{\circ}1'51''$ S; $51^{\circ}14'24''$ O) – situada próximo à área de restaurantes do Cais do Porto, à margem esquerda do Canal dos Navegantes (área portuária).

Amostras subsuperficiais de água foram coletadas com auxílio de garrafa de Niskin, sendo acondicionadas em frascos apropriados com os devidos conservantes, conforme orientações de laboratório que realiza as análises laboratoriais físico-químicas (CEIMIC).

Interpretação dos resultados de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005

Conforme a Resolução 207/2016 do CRH/RS, as águas do Canal do Jacuí são enquadradas em Classe 2, e as águas do Canal dos Navegantes, em Classe 3. Portanto, os resultados das análises realizadas nas amostras obtidas na CJE1, no Canal do Jacuí, foram comparados com os valores máximos permitidos para águas de Classe 2 da Resolução CONAMA nº357/2005, enquanto os resultados das análises realizadas nas amostras obtidas na CNE2 a CNE6, foram comparados com os valores máximos permitidos para águas de Classe 3.

Índices de Qualidade de Água

O Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA) (Zagatto *et al.*, 1999) tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, sendo composto por dois subíndices: o Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA) e o Índice de Estado Trófico (IET).

O IPMCA é composto pelos parâmetros essenciais para a preservação da vida aquática (PE) e por substâncias tóxicas (ST). Dentre os parâmetros essenciais tem-se o oxigênio dissolvido, o pH e a toxicidade a organismos padrões de laboratório, e dentre as substâncias tóxicas, os metais pesados, entre outras. Os intervalos de valores e ponderações de qualidade da água para o IPMCA são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA) segundo CETESB (1999). Ponderações de acordo com os níveis de qualidade da água.

Grupos	Parâmetros	Níveis	Faixa de variação	Ponderação
Parâmetros Essenciais (PE)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	A	$\geq 5,0$	1
		B	3,0 a 5,0	2
		C	< 3	3
	pH	A	6,0 a 9,0	1
		B	5,0 a $< 6,0$ e $> 9,0$ a 9,5	2
		C	$< 5,0$ e $> 9,5$	3
	Toxicidade*	A	Não tóxico	1
		B	Efeito tóxico	2

Grupos	Parâmetros	Níveis	Faixa de variação	Ponderação
Substâncias Tóxicas (ST)	Cádmio (mg/L)	C	Efeito agudo	3
		A	$\leq 0,001$	1
		B	$> 0,001$ a $0,005$	2
	Cromo (mg/L)	C	$> 0,005$	3
		A	$\leq 0,05$	1
		B	$> 0,05$ a $1,00$	2
		C	$> 1,00$	3
	Cobre (mg/L)	A	$\leq 0,02$	1
		B	$> 0,02$ a $0,05$	2
		C	$> 0,05$	3
	Chumbo (mg/L)	A	$\leq 0,03$	1
		B	$> 0,03$ a $0,08$	2
		C	$> 0,08$	3
	Mercúrio (mg/L)	A	$\leq 0,0002$	1
		B	$> 0,0002$ a $0,001$	2
		C	$> 0,001$	3
	Níquel (mg/L)	A	$\geq 0,025$	1
		B	$> 0,025$ a $0,160$	2
		C	$> 0,160$	3
	Fenóis (mg/L)	A	$\leq 0,001$	1
		B	$> 0,001$ a $0,050$	2
		C	$> 0,050$	3
	Surfactantes (mg/L)	A	$\leq 0,5$	1
		B	$> 0,5$ a $1,0$	2
		C	$> 1,00$	3
	Zinco (mg/L)	A	$\leq 0,18$	1
		B	$> 0,18$ a $1,00$	2
		C	$> 1,00$	3

* A toxicidade não foi considerada no presente monitoramento para o cálculo do IPMCA.

A Tabela 2 apresenta as classes de qualidade da água de acordo com os valores de IPMCA, os quais podem ser obtidos por meio da seguinte equação:

$$IPMCA = PE \times ST \text{ (equação 2)}$$

Onde:

IPMCA = Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática;

PE = valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais;

ST = média dos três valores máximos das ponderações do grupo de substâncias tóxicas.

Tabela 2. Valores e classes de qualidade da água do Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA).

IPMCA	Qualidade das águas
1	Boa
2	Regular
3 e 4	Ruim
≥ 6	Péssima

Fonte: Cetesb (2022).

O segundo subíndice do IVA corresponde ao Índice do Estado Trófico (IET), o qual classifica a água em relação ao enriquecimento de nutrientes, por meio do teor de fósforo total e clorofila *a*. O IET para fósforo - IET(P) e para a clorofila *a* - IET(CL) podem ser obtidos pelas seguintes equações:

$$\text{IET (CL)} = 10x(6-(-0,7-0,6x(\ln \text{CL}))/\ln 2))-20 \text{ (equação 3)}$$

$$\text{IET (PT)} = 10x(6-((0,42-0,36x(\ln \text{PT}))/\ln 2))-20 \text{ (equação 4)}$$

Onde:

IET = Índice do Estado Trófico;

P = concentração de fósforo total ($\mu\text{g/L}$);

\ln = logaritmo natural;

CL = concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$).

A Tabela 3 apresenta as classes de estado trófico de ambientes aquáticos para os valores de IET, os quais podem ser calculados por meio dos valores de IET (P) e IET (CL), pela seguinte equação:

$$\text{IET} = [\text{IET (P)} + \text{IET (CL)}] / 2 \text{ (equação 5)}$$

Onde:

IET = Índice do Estado Trófico;

P = concentração de fósforo total ($\mu\text{g/L}$);

CL = concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$).

Tabela 3. Valores e classes de qualidade da água do Índice do Estado Trófico (IET).

Critério	Classe do IET	Estado trófico
$\text{IET} \leq 47$	1	Ultraoligotrófico
$47 < \text{IET} \leq 52$	2	Oligotrófico
$52 < \text{IET} \leq 59$	3	Mesotrófico
$59 < \text{IET} \leq 63$	4	Eutrófico
$63 < \text{IET} \leq 67$	5	Supereutrófico
$\text{IET} > 67$	6	Hipereutrófico

Fonte: Cetesb (2022).

Com base nos dois subíndices descritos (IPMCA e IET), o Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA) pode ser calculado pela seguinte equação:

$$\text{IVA} = (1,2 \times \text{IPMCA}) + \text{IET} \text{ (equação 6)}$$

Os intervalos de valores e classes de qualidade da água para o IVA são apresentados pela Tabela 4.

Tabela 4. Valores e classes de qualidade da água do Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA).

Critério	Qualidade das águas
$\text{IVA} \leq 2,5$	Ótima
$2,6 \leq \text{IVA} \leq 3,3$	Boa
$3,4 \leq \text{IVA} \leq 4,5$	Regular
$4,6 \leq \text{IVA} \leq 6,7$	Ruim
$6,8 \leq \text{IVA}$	Péssima

Fonte: Cetesb (2022).

RESULTADOS

Índices de Qualidade de Água

As classes de qualidade de água verificadas por meio dos índices são resultantes apenas dos parâmetros considerados nos referidos índices, como consta na metodologia, não cabendo generalizações. A Tabela 5 sintetiza os resultados obtidos nos seis pontos monitorados.

Tabela 5. Resultados dos índices ambientais ao longo das cinco campanhas de monitoramento no Guaíba.

Campanhas	Índices	CJE1	CNE2	CNE3	CNE4	CNE5	CNE6
Campanha 1 (21/06/2022)	IPMCA	Boa	Regular	Boa	Ruim	Boa	Regular
	IET	Eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
	IVA	Regular	Ruim	Boa	Ruim	Regular	Ruim
Campanha 2 (26/07/2022)	IPMCA	Regular	Regular	Boa	Regular	Regular	Regular
	IET	Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
	IVA	Péssima	Ruim	Regular	Ruim	Ruim	Ruim
Campanha 3 (17/01/2023)	IPMCA	Boa	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	IET	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
	IVA	Boa	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
Campanha 4 (13/06/2023)	IPMCA	Boa	Regular	Regular	Boa	Ruim	Boa
	IET	Supereutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Supereutrófico
	IVA	Ruim	Ruim	Péssima	Ruim	Péssima	Ruim
Campanha 5 (24/01/2024)	IPMCA	Boa	Regular	Regular	Boa	Ruim	Boa
	IET	Supereutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Supereutrófico
	IVA	Ruim	Ruim	Péssima	Ruim	Péssima	Ruim

Fonte: Elaboração própria.

Na campanha 1, os valores do Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA) indicaram boa qualidade de água em três estações de coleta (CJE1, CNE3 e CNE5). No entanto, as estações CNE2 e CNE6 apresentaram qualidade regular, e a CNE4 foi classificada como ruim. O Índice do Estado Trófico (IET) revelou águas eutróficas na maioria das estações, com exceção da CNE3, onde o estado foi Mesotrófico. O Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA) foi classificado como regular em CJE1 e CNE5, bom em CNE3, mas ruim nas demais estações de coleta.

Na segunda campanha, o IPMCA teve uma piora em relação à campanha anterior, com todas as estações apresentando qualidade regular, exceto a CNE3, onde a qualidade foi classificada como boa. O IET revelou um aumento nos níveis de trofia, com estado Hipereutrófico na estação CJE1, e Eutrófico nas demais. O IVA apresentou resultados preocupantes, com qualidade péssima na estação CJE1 e ruim nas demais estações, exceto CNE3, onde o índice foi classificado como regular.

Na terceira campanha, o IPMCA indicou uma melhoria na estação CJE1, com qualidade de água boa, enquanto as outras estações mantiveram-se com qualidade regular. O IET mostrou uma leve melhora na trofia em CJE1, com estado mesotrófico, enquanto as demais estações permaneceram eutróficas. O IVA apresentou melhorias em CJE1 (boa), mas as outras estações continuaram com classificações ruins, mantendo uma tendência negativa para CNE2 a CNE6.

Na quarta campanha, o IPMCA manteve qualidade boa em CJE1, CNE4 e CNE6, mas CNE5 apresentou qualidade ruim e as demais estações qualidade regular. O IET indicou um estado supereutrófico em CJE1 e CNE6, enquanto CNE3 voltou a apresentar um estado Hipereutrófico. As demais estações continuaram eutróficas. O IVA continuou ruim na maioria das estações, e as estações CNE3 e CNE5 se destacaram negativamente, mantendo qualidade péssima.

Na campanha cinco, os valores do Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA), mostraram água de qualidade boa na estação em todas as estações de coleta. O Índice do Estado Trófico (IET) foi mais elevado na CNE3 em estado Hipereutrófico, e menor nas estações de coleta CNE2, CNE4 e CNE5 em eutrófico. O Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA), revelou qualidade péssima nas estações de coleta CNE3 e CNE5, e ruim nas demais estações de coleta. A CNE3 e a CNE5 tem mantido qualidade péssima desde a campanha 4.

Observa-se uma tendência de piora nos índices de qualidade da água ao longo das cinco campanhas, principalmente no Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA), que teve classificações ruins ou péssimas em várias estações, especialmente nas estações CNE3 e CNE5, que mantiveram qualidade péssima desde a campanha 4. O IPMCA apresentou oscilações, com algumas estações mantendo qualidade boa (CJE1), mas a maioria apresentou uma qualidade regular ou ruim em algumas campanhas. O Índice de Estado Trófico (IET) revelou um aumento na eutrofização em algumas áreas, com estações alternando entre estados Eutrófico e Hipereutrófico, o que indica um agravamento da presença de nutrientes nas águas, especialmente nas estações mais próximas do Porto (CNE3 e CNE5). Esses resultados apontam para a necessidade de ações contínuas de monitoramento e intervenção para melhorar a qualidade da água, especialmente nas áreas com maior influência antrópica.

Principais Condicionantes da Qualidade da Água

A análise dos resultados da qualidade da água ao longo das cinco campanhas de monitoramento e a utilização de indicadores permitiu identificar os principais condicionantes da qualidade da água na área na poligonal portuária e na área de referência (fora da área com influência do porto).

O parâmetro cor real apresentou valores elevados na quinta campanha, realizada em janeiro de 2024, assim como nas campanhas do inverno de 2022, tanto no Canal do Jacuí quanto no Canal dos Navegantes. Da mesma forma, os valores de *Escherichia coli* foram mais elevados no inverno de 2022, evidenciando o efeito preponderante das cargas difusas relacionadas à drenagem de áreas agropastoris, que carreiam grande aporte de material orgânico das fezes do gado, e das drenagens pluviais urbanas misturadas com esgotos.

Os teores mais elevados de fósforo, que excederam os padrões legais, foram observados no Canal dos Navegantes, possivelmente devido ao aporte de carga orgânica do Rio dos Sinos e Gravataí. Estes valores ocorreram no inverno de 2022, na CNE6, e no inverno de 2023, na CJE1, CNE3, CNE5 e CNE6 e nos verões de 2023 e 2024, na CNE2 (com maior influência do rio Gravataí). No inverno, as águas altas podem ter carreado detritos orgânicos dos solos e das macrófitas aquáticas, que são muito produtivas no Delta do Jacuí, e podem liberar fósforo solúvel na coluna d'água. No verão, as elevadas cargas orgânicas do Rio Gravataí e Rio dos Sinos, notoriamente contribuíram para estes valores.

Alguns parâmetros foram observados em maior concentração somente no Canal do Jacuí (CJE1). Dentre estes, podem ser mencionados os sulfetos, os cianetos e o cloro residual total. Os sulfetos estão relacionados aos esgotos cloacais ou à decomposição de material vegetal, os cianetos podem estar relacionados às atividades de mineração, refino e eletrodeposição, e em alguns praguicidas (Baird, 2002). O cloro residual, por sua vez, é comum em águas superficiais em decorrência do consumo de água clorada.

Quanto aos metais tóxicos (bário, boro, cádmio, cobalto, cromo, ferro, lítio, manganês, níquel, prata, zinco e vanádio) observados no Canal dos Navegantes, apenas o alumínio, cádmio, cromo e manganês ultrapassaram os limites estabelecidos para a classe 3. Segundo a CETESB a contaminação por metais tóxicos pode ser causada por diversas fontes, como efluentes de galvanoplastias, ligas

metálicas, pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, fertilizantes entre outros. Portanto, é difícil determinar precisamente as fontes poluidoras destes metais no Canal dos Navegantes, que recebem águas de bacias de rios extremamente poluídas, como o Rio Caí, Rio dos Sinos e Rio Gravataí, além da drenagem contaminada por esgotos do município de Porto Alegre.

Entre os compostos orgânicos, fenóis totais e surfactantes foram detectados no Canal dos Navegantes, enquanto no Canal do Jacuí ocorreram benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, crizeno e indeno (1,2,3-CD) pireno. O antraceno e o fluoranteno são geralmente associados a combustão incompleta, de madeira e carvão, sendo resultantes de processos de conversão de carvão em combustível gasoso, de refinarias de petróleo e xisto (BAIRD, 2002). Nas duas últimas campanhas estes compostos não foram quantificados.

Importante ressaltar que cerca de 84% das amostras analisadas do Canal dos Navegantes classificaram as águas desta região como nível eutrófico, com base no índice de estado trófico (IET), e 68% como tendo qualidade ruim, com base no índice de proteção da vida aquática (IVA). Estes resultados estão de acordo com a contribuição significativa de esgotos sanitários do município de Porto Alegre e das bacias dos Rios Caí, Sinos e Gravataí.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas evidenciaram que o Canal dos Navegantes e o Canal do Jacuí compartilharam características comuns de qualidade de água, devido a homogeneização do sistema, principalmente em cenário de águas altas. A qualidade da água da área de referência (Canal do Jacuí) é muito semelhante a qualidade da água da área Portuária (Canal dos Navegantes), sendo difícil discriminar alterações da qualidade água decorrente da atividade portuária das demais influências das drenagens que culminam no Canal dos Navegantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através da utilização de índices de qualidade da água na área adjacente ao Porto de Porto Alegre evidenciaram uma tendência de piora nos índices de qualidade ao longo das cinco campanhas realizadas, principalmente no Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA), que apresentou classificações ruins ou péssimas em várias estações, especialmente nas estações CNE3 e CNE5, que mantiveram qualidade péssima desde a campanha 4. O IPMCA apresentou oscilações, com algumas estações mantendo qualidade boa (CJE1), mas a maioria apresentou uma qualidade regular ou ruim em algumas campanhas. O Índice de Estado Trófico (IET) revelou um aumento na eutrofização em algumas áreas, com estações alternando entre estados eutrófico e Hipereutrófico, o que indica um agravamento da presença de nutrientes nas águas, especialmente nas estações mais próximas do Porto (CNE3 e CNE5), relacionado principalmente à presença de contaminação por esgotos cloacais. Esses resultados apontam para a necessidade de ações contínuas de monitoramento, além de ações de educação ambiental para a comunidade portuária e pública externo, bem como eventuais intervenções para melhorar a qualidade da água, especialmente nas áreas com maior influência antrópica na região do Porto organizado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Portos RS, via contrato tripartite (Portos RS/UFRGS/FEENG) de número 1117/2021, que tem como objeto a execução do Programa de Gestão Ambiental do Porto de Porto Alegre.

REFERÊNCIAS

- BAIRD, C. *Química ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.
- BLUME, K. K.; MACEDO, J. C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L. B.; QUEVEDO, D. M.; RODRIGUES, M. A. S. I. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 4, p. 1185-1193, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000600008>. Acesso em: 10 set. 2024.
- CETESB. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em março de 2025.
- LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. Caracterização textural dos sedimentos de fundo do Lago Guaíba (sul do Brasil) e sua importância em diagnósticos ambientais. *Pesquisas em Geociências*, v. 28, n. 1, p. 13-26, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.20164>. Acesso em: 10 set. 2024.
- LONDE, L. R.; COUTINHO, M. P.; GREGÓRIO, L. T.; SANTOS, L. B. L.; SORIANO, É. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. *Ambiente e Sociedade*, v. 17, n. 4, p. 133-152, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1082V1742014>. Acesso em: 10 set. 2024.
- LOPES, V. A. R.; FAN, F. M.; PONTES, P. R. M.; SIQUEIRA, V. A.; COLLISCHONN, W.; DA MOTTA MARQUES, D. A first integrated modelling of a river-lagoon large-scale hydrological system for forecasting purposes. *Journal of Hydrology*, v. 565, p. 177-196, 2018.
- MENEGAT, R.; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C.; FERNANDES, L. A. A. (Coords.). *Atlas ambiental de Porto Alegre*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006. 228 p.
- MENEGAT, R.; CARRARO, C. C. *Manual para saber por que o Guaíba é um lago: análise integrada de geologia, geomorfologia, hidrografia, estratigrafia e história da ciência*. Porto Alegre: Armazém Digital, 2009. 108 p.
- MOGANE, L.K., MASEBE, T., MSAGATI, T.A.M. et al. A comprehensive review of water quality indices for lotic and lentic ecosystems. *Environ Monit Assess* 195, 926 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11512-2>.
- PRESTES, A. J. D. Porto Alegre em tempo de praia: a cidade e as praias do Guaíba entre os anos 1940 e o início dos anos 1970. *Revista Historiar*, v. 2, p. 25, 2008.
- RANA, R.; GANGULY, R. Water quality indices: challenges and applications—an overview. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 13, n. 22, p. 1190, 2020.
- ZAGATTO, P.A., LORENZETTI, M.L., LAMPARELLI, M.C., SALVADOR, M.E.P. AND MENEGON, J.R., 1999. Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. *Acta Limnologica Brasiliensis*, vol. 11, pp. 11-129.