

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE BENTÔNICA ENTRE OS CANAIS ORIGINAL E RETIFICADO DO RIO ITAJAÍ-MIRIM, ITAJAÍ (SC)

BELTRÃO, M. C.^{1*}; CUNHA, N. J. R. ¹ & DIEHL, F.¹

1. Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental, Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brazil.

*Corresponding author: mbeltrao@outlook.com

ABSTRACT

Beltrão, M. C., Cunha, N. J. R. & Diehl, F. (2023). Spatiotemporal variation of the benthic community between the original and rectified channels of the Itajaí-Mirim river, Itajaí (SC). *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 27(1). eISSN 1983-9057. DOI: 10.14210/bjast.v27n1.19136. The rectified channel was installed in the Itajaí-Mirim River in the mid-1960s to increase the river flow in the urban area of Itajaí, which suffers from flooding and inundation during periods of high precipitation. The present study aimed to evaluate the spatiotemporal variations of the benthic macrofauna of the Itajaí-Mirim river, in the original and rectified channels. The distribution of organisms was evaluated with samples collected at four points, two located in the natural channel and two in the rectified channel, during the four seasons of 2021. At each sampling point, with a van Veen dredge, three samples were collected for macrofauna and one for granulometric characterization. In total, 715 individuals were identified, and distributed in eight taxa. PERMANOVA revealed that the differences observed in the abundance of organisms considering seasonality were not significant, however, they were significant between the channels. The rectified channel exhibited 67% of the total abundance of the analyzed fauna. In this region, the organic matter and CaCO₃ exhibited the highest concentrations and the sediment was classified as silt, while in the natural channel, the granulometry varied between fine sand and silt. The oligochaete Tubificida was the most abundant organism, representing 97% of the fauna. Considered tolerant, this organism inhabits freshwater sediments with low oxygen concentration and high organic carbon load. The low richness of the community and the high dominance of Tubificida characterized the evaluated region as a highly altered environment.

Key Words: Benthos. Oligochaeta. Rectification.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado próximo a bacias hidrográficas tem causado o aumento de áreas impermeáveis e a diminuição da infiltração da água no solo, cenário que favorece a ocorrência de inundações e alagamentos nas áreas urbanas (Mendes et al., 2022). Na intenção de mitigar os danos das inundações em áreas marginais de cursos d'água, são projetadas e realizadas obras de retificação, no intuito de se reduzir meandros e, assim, aumentar a velocidade de escoamento (Carvalho et al., 2020; Mafra et al., 2020).

O território do município de Itajaí apresenta condições geográficas e climáticas que o torna vulnerável a intensas precipitações e inundações (Aumond et al., 2009). Essa área sofre com enchentes decorrentes do efeito de represamento do rio Itajaí-Mirim e atuação das marés (Lemfers & Tena, 2017). Desde o ano de 1939 até o presente, foram observados, em Itajaí, 14 eventos extremos de inundações com cheias de grandes proporções (Defesa Civil, 2022).

Por essa razão, a partir de 1957, foram realizadas construções de barragens de contenção e retificações de cursos da água com o intuito de controlar as cheias (Santos et al., 2014). Na região, uma das primeiras retificações foi executada no rio Itajaí-Mirim,

sendo iniciada no ano de 1963 e concluída em 1975, com o estabelecimento do canal retificado e a manutenção do canal original (Comitê do Itajaí, 2016).

Nos canais fluviais, as alterações dos fatores ambientais (fluxo, temperatura e recursos alimentares) decorrentes das obras de retificação, influenciam diretamente a dinâmica populacional e estrutura das comunidades aquáticas (Camargo, 1993). Entre a fauna que habita este sistema, destacam-se os macroinvertebrados bentônicos, que desempenham um papel fundamental na ciclagem de matéria orgânica. Ocupam a base da teia trófica, filtrando plânctons e servindo de presa para diversas espécies de peixes e animais terrestres, atuando também na estruturação e oxigenação do sedimento (Tagliapietra & Sigovini, 2010; Salmaso et al., 2021).

Por apresentar um grande número de espécies com distintos níveis de sensibilidade e tolerância a diferentes impactos ambientais, sejam eles ocasionais ou crônicos, a macrofauna bentônica é globalmente utilizada para avaliar a qualidade e condição dos ecossistemas marinhos, estuarinos e de água doce (Duarte et al., 2021). Face ao exposto, a partir de dados provenientes do Programa de Monitoramento Ambiental do licenciamento da barragem construída pela companhia de águas municipal, o presente estudo tem como objetivo avaliar se a composição e

estrutura da comunidade bentônica diferem espaço-temporalmente entre o canal retificado e o canal original do rio Itajaí-Mirim.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O rio Itajaí-Mirim tem suas nascentes na Serra do Faxinal (Santa Catarina) e tem confluência no município de Vidal Ramos. Seu curso cruza integralmente as cidades de Presidente Nereu, Botuverá, Guabiruba e Brusque. Na cidade de Itajaí o rio faz uma bifurcação, onde se separa no canal retificado, criado a partir de uma obra realizada com intuito de minimizar os problemas relacionados a enchentes, e no canal original (Figura 1).

A foz do rio Itajaí-Mirim está a cerca de 6 km do oceano, onde desagua no rio Itajaí-Açu e passa a ser denominado rio Itajaí. Essa região configura-se como um sistema estuarino, onde predominam atividades industriais (Schettini, 2002).

Coleta de Dados

Para a avaliação das variações espaço-temporais da comunidade bentônica foram coletadas amostras em quatro pontos do rio Itajaí-Mirim (canal retificado: #01 e #02; canal original: #03 e #04) ao longo de quatro campanhas amostrais (verão, outono, inverno e primavera) em 2021 (Figura 1).

Com o auxílio de um busca-fundo do tipo *van Veen* (área de 0,022 m²), em cada ponto foram coletadas quatro amostras de sedimento, das quais, três foram destinadas à avaliação da fauna e uma à caracterização granulométrica, porcentagem de carbonato de cálcio e matéria orgânica. As amostras da macrofauna foram armazenadas em sacos de tela de 0,5mm e fixadas em formol 4%.

Em laboratório, as amostras de fauna foram lavadas em malha de 0,5mm e os organismos identificados por especialistas ao menor nível taxonômico possível, utilizando microscópio estereoscópio. A determinação das frações granulométricas foi realizada através da técnica de peneiramento, de acordo com Suguio (1973), enquanto as determinações de matéria orgânica e carbonato de cálcio seguiram o método proposto por Dean (1974).

Análise de Dados

Para analisar a variação espacial das características abióticas, foi aplicada uma análise de componentes principais (PCA), considerando como variáveis as porcentagens de areia muito grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, argila, silte, matéria orgânica e carbonato de cálcio. Essas variáveis foram selecionadas, porque exibiram efeito representativo sobre a variação espacial e não apresentaram colinearidade (Legendre & Legendre, 1998; Clarke & Warwick, 2001).

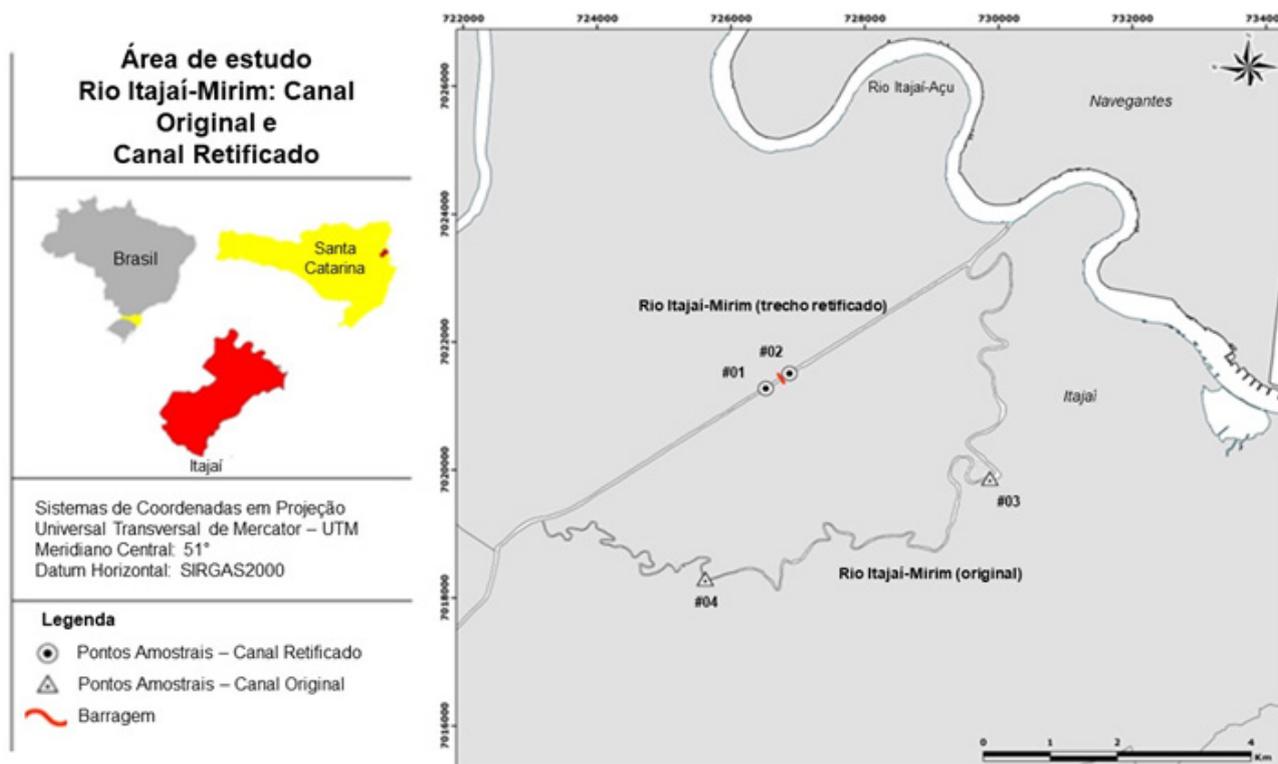


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta da macrofauna bentônica nos canais original e retificado do rio Itajaí-Mirim, Itajaí/SC.

A estrutura da comunidade da macrofauna benthica foi analisada de acordo com os descritores numéricos de riqueza de espécies (S= número de táxons) e abundância total (N= número de indivíduos). A análise de variância permutacional multivariada utilizando matrizes de distância (PERMANOVA) foi aplicada para testar os efeitos espaço-temporais sobre a comunidade da macrofauna (Anderson, 2001, Mcardle & Anderson, 2001). A significância estatística foi estabelecida em $p = 0,05$.

Posteriormente, a identificação das espécies que mais contribuíram para a similaridade de cada associação foi determinada através da análise de contribuição percentual de similaridade (SIMPER) (Clarke & Warwick, 2001). As relações entre a distribuição da fauna e as variáveis ambientais foram investigadas através da análise de redundância restrita (RDA) (Legendre & Legendre, 1998). Para esta análise, foi utilizada a transformação log (x+1) na matriz de fauna e os mesmos dados ambientais definidos na PCA. Todas as análises foram conduzidas utilizando o software Past Statistical, versão 4.03 (Hammer & Harper, 2008).

Quanto à caracterização sedimentológica, os dados estatísticos de granulometria foram obtidos através do software SysGran® 3.0 (Camargo, 2006) e processados no software JAMOVl® 2.2.5 (The Jamovi Project, 2021).

RESULTADOS

No canal retificado, o sedimento foi classificado como silte grosso na maior parte do ano, alternando

para silte médio na primavera. Nessa área, foram registradas as maiores concentrações de matéria orgânica e carbonato de cálcio. O leito do rio exibiu as maiores frações granulométricas e sua classificação sedimentar foi mais variável ao longo do estudo (Tabela 1).

A análise de componentes principais exibiu que os dois primeiros eixos explicaram 85,65% do total da variação, em que o primeiro componente foi responsável por 69,13% da variação e o segundo explicou 16,51% (Figura 2). Foi possível verificar a formação de grupos a partir da separação das amostras coletadas no canal retificado, comparativamente daquelas coletadas no canal original. As amostras do canal retificado indicaram correlação positiva com carbonato de cálcio (CaCO_3), matéria orgânica (MO) e sedimentos de frações mais finas (argila, silte e areia muito fina). Por outro lado, nas amostras coletadas no canal original verificou-se a correlação com os sedimentos de frações mais grossas (areia muito grossa, média e fina).

Foram coletados 715 indivíduos da macrofauna bentônica no rio Itajaí-Mirim, classificados em oito táxons distintos (Tabela 2). O oligoqueto Tubificida (uma ou mais espécies tratadas em bloco) apresentou a maior abundância (97%), seguido pelo molusco *Heleobia australis* (d'Orbigny, 1835) (1%), o anfípode Talitridae (1%) e o inseto Chironomidae (1%). Juntos, os demais grupos caracterizaram menos de 1% do total de indivíduos coletados. A composição da comunidade não variou ao longo do estudo, sendo o oligoqueto dominante em todas as estações sazonais.

Tabela 1 – Características e classificação do sedimento. Canal Retificado, pontos #01 e #02; Canal Original, pontos #03 e #04.

Estação	Canal	Areia				Silte	Argila	Classificação	Matéria Orgânica (%)	CaCO_3 (%)
		Muito grossa	Média	Fina	Muito Fina					
Verão	Retificado	0,01	0,99	9,60	8,83	53,30	27,20	Silte grosso	6,20	3,42
		0,01	0,58	7,46	10,36	54,40	27,20	Silte grosso	6,30	4,04
	Original	0,64	21,44	34,80	4,67	20	16,40	Areia muito fina	5,20	2,88
		0,60	15,99	38,60	5,01	20,70	17,40	Areia muito fina	4,60	2,52
Inverno	Retificado	0,00	0,26	11,60	24,06	49,80	14,30	Silte grosso	5,20	2,39
		0,00	0,12	3,08	12,72	62,40	21,70	Silte grosso	5,00	2,98
	Original	0,77	12,19	22,90	5,88	33,90	21,50	Silte grosso	6,60	3,34
		4,86	33,87	36,80	3,06	5,72	4,66	Areia média	1,70	1,25
Outono	Retificado	0,00	0,34	3,74	9,94	62	24	Silte grosso	7,70	2,95
		0,00	0,15	2,75	7,82	68,50	20,80	Silte grosso	7,10	3,75
	Original	1,19	33,52	37,30	2,94	8,73	9,03	Areia fina	2,90	1,29
		0,54	17,92	28,10	3,49	25,40	21	Areia muito fina	5,20	2,25
Primavera	Retificado	0,10	0,18	2,95	5,24	52,60	38,80	Silte médio	4,80	7,51
		0,10	0,19	3,23	8,12	51	37,20	Silte médio	4,00	7,39
	Original	2,34	27,99	36,00	4,54	10,30	12,30	Areia fina	2,20	2,85
		3,27	31,89	28,50	3,69	8,89	11,20	Areia fina	2,00	3,14

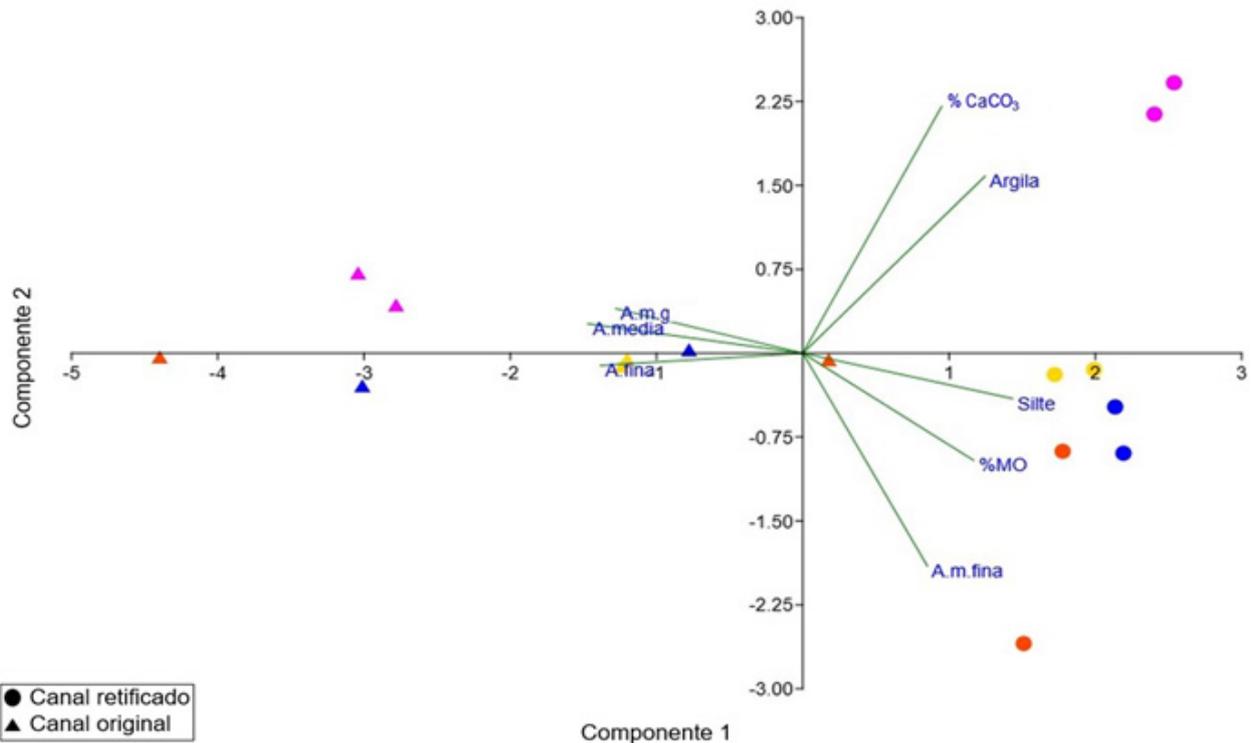


Figura 2 – Análise de componentes principais (PCA). Figuras geométricas simbolizam os pontos amostrais, os triângulos descrevem o canal original e círculos, o canal retificado. Amarelo, laranja, azul e magenta representam verão, outono, inverno e primavera, respectivamente. Vetores representam as variáveis: porcentagens de areia muito grossa (A.m.g), areia média (A. media), areia fina (A. fina), areia muito fina (A.m.fina), argila, silte, matéria orgânica (%MO) e carbonato de cálcio (%CaCO₃).

Tabela 2 – Abundância total e relativa (Rel.%) dos organismos bentônicos nos canais retificado e original do rio Itajaí-Mirim durante as quatro estações sazonais. R, retificado; O, original.

Táxon	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Total	Rel. (%)
	R	O	R	O	R	O	R	O		
Mollusca										
<i>Eulithidium affine</i> (C. B. Adams, 1850)	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Heleobia australis</i> (d'Orbigny, 1835)	0	1	0	0	0	7	0	0	8	1
Annelida										
<i>Nephtys</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Nereididae	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Syllidae	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Tubificida	29	4	131	90	122	106	187	25	694	97
Arthropoda										
Chironomidae	0	3	0	0	0	1	0	0	4	1
Talitridae	4	0	0	0	0	0	0	0	4	1
Total	35	9	131	90	122	115	188	25	715	100

A análise PERMANOVA mostrou que a variação na comunidade da macrofauna dependeu da área e da interação entre os fatores (Área* Sazonalidade) (Tabela 3). No geral, a abundância encontrada no canal retificado foi cerca de duas vezes maior (N= 473 indivíduos) quando comparada ao

canal original (N= 239 indivíduos). Os valores de abundância permaneceram maiores no canal retificado ao longo das quatro estações. O valor máximo de riqueza foi observado no canal original, contudo, esta diferença foi pouco expressiva (Figura 3).

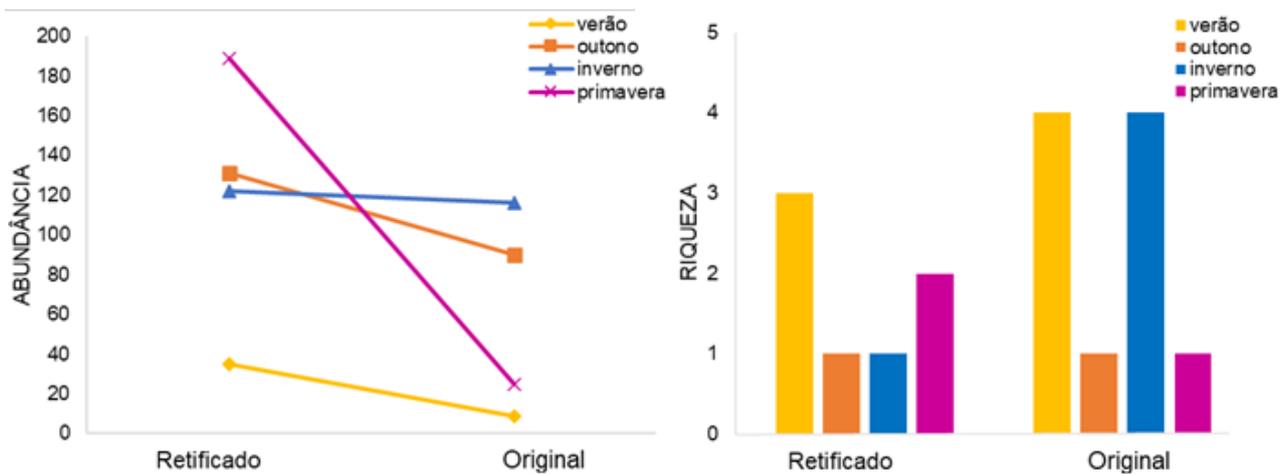


Figura 3 – Valores de abundância de indivíduos e riqueza de táxons da macrofauna bentônica dos canais retificado e original considerando as estações sazonais.

Tabela 3 – Resultados da análise multivariada Two-way PERMANOVA para a comunidade benthica com base nas semelhanças de Bray-Curtis. Valores de p significativos ($p < 0,05$) são mostrados em negrito. gl, graus de liberdade.

Fonte de variação	Soma de quadrados	gl	Pseudo-F	p
Área	0.71813	1	37.268	0.0151
Sazonalidade	0.97875	3	16.931	0.0975
Interação	11.374	3	19.676	0.0489
Resíduo	77.077	40		
Total	10.542	47		

Tabela 4 – Resultados da análise de contribuição percentual dos táxons para as similaridades médias (SIMPER) entre os canais retificado e original. D.méd, dissimilaridade média; Contrib%, porcentagem de contribuição; Acum%, porcentagem acumulativa; N, abundância média.

Táxon	D.méd	Contrib%	Acum%	N-retificado	N-original
Tubificida	62.5	88.47	88.47	19.5	9.38
Syllidae	2.406	3.406	91.88	0.0833	0
Talitridae	2.164	3.063	94.94	0.167	0
Chironomidae	1.514	2.143	97.08	0	0.167
<i>Heleobia australis</i>	1.272	1.801	98.88	0	0.333
<i>Tricola affinis</i>	0.4038	0.5716	99.46	0	0.0417
Nereididae	0.3089	0.4373	99.89	0	0.0417
<i>Nephtys sp.</i>	0.0755	0.1069	100	0.0417	0

De acordo com a análise SIMPER, a ordem Tubificida contribuiu com 88,47% da dissimilaridade entre os canais avaliados, sendo mais abundante no canal retificado (Tabela 4). As demais espécies apresentaram contribuição exclusiva, ou seja, foram identificadas em apenas um dos canais.

Os resultados da análise de redundância permitiram a extração e interpretação de dois eixos fatoriais que, juntos, explicaram 19,71% da variação existente nos dados de abundância dos macroinvertebrados bentônicos (Figura 4). Verificou-se

que a maior parte das amostras foi associada ao primeiro componente, e três amostras coletadas durante o inverno no canal original estiveram fortemente associadas ao segundo eixo. O oligoqueto Tubificida apresentou correlação positiva com o eixo 1, que foi formado pelas coordenadas positivas resultantes das maiores concentrações de silte, carbonato de cálcio e argila, e fortemente influenciado pela coordenada negativa das maiores concentrações de areia fina.

DISCUSSÃO

A partir da caracterização do sedimento, foi possível identificar diferentes padrões de distribuição entre os canais avaliados, sendo que o canal original exibiu as frações mais grossas ao longo do estudo. De acordo com Christofletti (1980), em rios que apresentam fluxos mais turbulentos, nos quais a água passa por obstáculos ou irregularidades de contornos rugosos no fundo, os sedimentos de granulometria reduzida (silte e argila) são conservados em suspensão.

A fauna dos canais avaliados foi dominada pelo oligoqueto Tubificida ao longo das quatro estações sazonais, sobretudo, no canal retificado. Sua abundância esteve associada principalmente à predominância de silte. Corroborando com esse resultado, Mzungu et al. (2022) no córrego Omubira (Kakamega County, Quênia) e Kang et al. (2017), em laboratório, constataram a preferência desses oligoquetos a substratos caracterizados por partículas mais finas.

Estudos realizados a montante da retificação, no município de Brusque, apontam a baixa qualidade das águas do rio Itajaí-Mirim, devido a despejos de efluentes industriais e esgotos sanitários sem tratamento adequado (Wolf et al., 2022). A partir da criação do canal retificado, o trecho original do

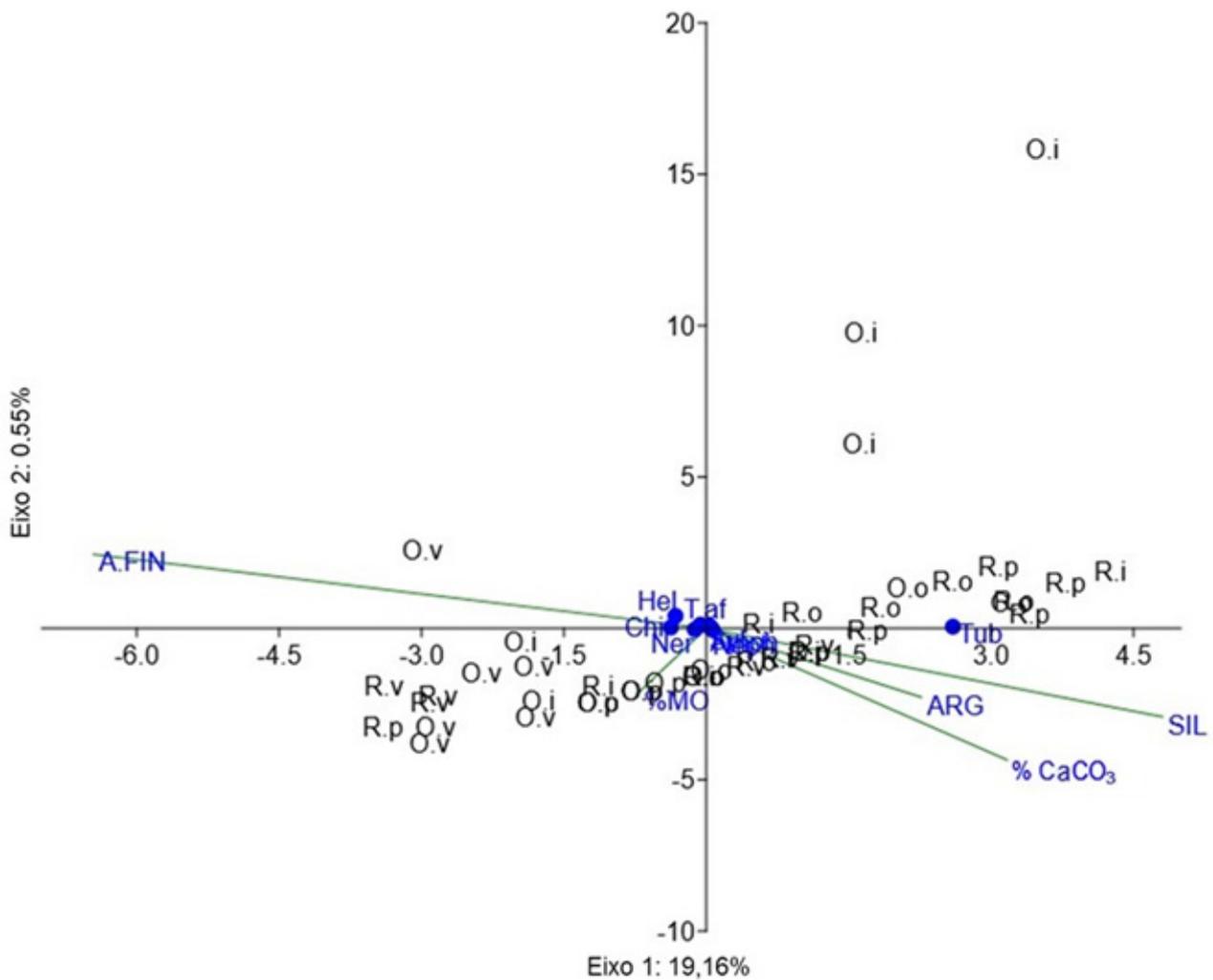


Figura 4 – Diagrama de ordenação dos dois primeiros eixos da análise de redundância para os descritores ambientais e macroinvertebrados bentônicos coletados no canal original e retificado ao longo de um ciclo sazonal. R., retificado; O., original; v, verão; o, outono; i, inverno; p, primavera; %MO, matéria orgânica; %CaCO₃, carbonato de cálcio; A.FIN, areia fina; SIL, silte; ARG, argila; Neph, *Nephtyis* sp.; Ner, Nereididae; Syl, Syllidae; Tub, Tubificida; Amph, Amphipoda; Chi, Chironomidae; Hel, *Heleobia australis*; T.af, *Eulithidium affine*.

rio perdeu importância no escoamento de água e passou a acumular esgoto urbano, constituindo um problema ambiental e de saúde pública (Comitê de Itajaí, 2016). A redução artificial do fluxo dos cursos fluviais afeta negativamente os valores de abundância da fauna (Dewson et al., 2007), uma vez que a vazão de um rio influencia diretamente na composição do substrato, na química da água, na distribuição de nutrientes e partículas orgânicas (Hart & Finelli, 1999). Desse modo, a baixa abundância observada no canal original pode estar relacionada à diminuição do fluxo deste trecho.

Os oligoquetos, juntamente com os dípteros, são os componentes bentônicos mais conspícuos em ambientes lênticos e lóticos (Harman, 1982). Os Tubificidas compõem organismos ecologicamente bem adaptados, que apresentam tolerância à poluição orgânica e a compostos tóxicos, podendo se tornar

dominantes em ecossistemas altamente impactados (Castro et al., 2020; Hettige et al., 2022; Lou et al. 2022; Wei et al., 2022). Segundo Schuijt et al. (2021), organismos desta ordem podem ser encontrados em sedimentos de água doce com baixa concentração de oxigênio e alta carga de carbono orgânico.

As espécies que constituem o grupo Tubificida apresentam hábito detritívoro e se alimentam de matéria orgânica depositada no sedimento, o que favorece sua adaptação aos mais diversos ambientes (Goulart & Callisto, 2003). A presença frequentemente massiva de Tubificida em córregos poluídos pode estar relacionada, não apenas a sua tolerância a baixos níveis de oxigênio dissolvido (Aston, 1973) e correlação positiva com a matéria orgânica (Schenkova & Helesic, 2006), mas também, a uma redução na presença de táxons competidores e predadores menos tolerantes a essa condição (Brinkhurst, 1964).

Ademais aos tubificídeos, os outros grupos taxonômicos apresentaram baixa contribuição para abundância total. Entre estes, destaca-se o molusco *Heleobia australis* (d'Orbigny, 1835) que, segundo Mattos & Almeida (2016), pode representar 90% da fauna encontrada no rio Itajaí-Açu, curso fluvial que faz confluência com o rio Itajaí-Mirim. Esta espécie é considerada oportunista e frequentemente utilizada como bioindicadora de impactos antrópicos em áreas estuarinas (Villar et al., 2015).

CONCLUSÕES

As variações temporais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no canal retificado e no original do rio Itajaí-Mirim não foram significativas. Contudo, a distribuição espacial foi determinada principalmente por variações nas características do sedimento, porcentagem de matéria orgânica e de carbonato de cálcio, relacionadas ao fluxo do rio, que, por sua vez, são influenciadas pelas obras de retificação. A composição e estrutura da comunidade encontrada no presente estudo refletiu as condições críticas da qualidade ambiental do rio Itajaí-Mirim.

REFERÊNCIAS

- Anderson, M.J. 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 626-639.
- Aston, R.J. 1973. Tubificids and water quality: a review. *Environmental Pollution* (1970) 5(1): 1-10.
- Aumond, J.J.; Sevegnani, L.; Tachini, M. & Bacca, L.E. 2009. Condições naturais que tornam o vale do Itajaí sujeito aos desastres. In: Frank, B.; Sevegnani, L (ed.) *Desastre de 2008 no vale do Itajaí: água, gente e política*. Agência de Água do Vale do Itajaí, Blumenau.
- Brinkhurst, R.O. 1964. Studies on the North American aquatic Oligochaeta. I. Naididae and Tubificidae.
- Camargo, J.A. 1993. Macrobenthic surveys as a valuable tool for assessing freshwater quality in the Iberian península. *Environmental Monitoring and Assessment* 24: 71-90.
- Camargo, M.G. 2006. SYSGRAN: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências* 36(2): 371-378.
- Carvalho, J.W.L.T.; Marangon, F.H.S. & Santos, I. 2020. Recuperação de rios urbanos: da interdependência e sincronidade dos processos de desnaturalização em rios e bacias hidrográficas urbanas. *Revista do Departamento de Geografia* 40: 163-174.
- Castro, G.B.; Pinheiro, F.R.; Felipe, M.C.; Bernegossi, A.C.; Girolli, D.; Gorni, G.R. & Corbi, J.J. 2020. Update on the use of *Pristina longisetata* Ehrenberg, 1828 (Oligochaeta: Naididae) as a toxicity test organism. *Environmental Science and Pollution Research* 27(30): 38360-38369.
- Christofolletti, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Clarke, K. & Warwick, R. 2001. *Change in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Marine Laboratory, Plymouth, 144p.
- Comitê do Itajaí. 2016. Diagnóstico e Prognóstico das demandas hídricas. In: SIRHESC. *Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí*. 108-150.
- Dean, W. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology* 44: 242-248.
- Defesa Civil. 2022. Histórico. Disponível em: defesacivil.itajai.sc.gov.br/historico.
- Dewson, Z.S.; James, A.B.W. & Death, R.G. 2007. A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* 26(3): 401-415.
- Duarte, S.; Leite, B.R.; Feio, M.J.; Costa, F.O. & Filipe, A.F. 2021. Integration of DNA-Based Approaches in Aquatic Ecological Assessment Using Benthic Macroinvertebrates. *Water* 13:331.
- Goulart, M.D.; Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*. 2(1): 56-164.
- Hammer, Ø., & Harper, D. A. 2008. *Paleontological data analysis*. John Wiley & Sons.
- Harman, W. Oligochaeta. 1982. In *Aquatic of México, Central America and the West Indies* (S.H. Hurlbert & A. Villalobos-Figueros, eds.). San Diego State University 162-165.
- Hart, D.D. & Finelli, C.M. 1999. Physical-biological coupling in streams: the pervasive effects of flow on benthic organisms. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 363-395.
- Hettige, N.D.; Hashim, R.; Kutty, A.A.; Ash'aari Z.H. & Jamil, N.R. 2022. Using Benthic Macroinvertebrate Distribution and Water Quality as Organic Pollution Indicators for Fish Farming Areas in Rawang Sub-basin, Selangor River, Malaysia: A Correlation Analysis. *Journal of Fisheries and Environment* 46(1).
- Kang, H.; Bae, M.J. & Park, Y.S. 2017. Behavioral Response of *Tubifex tubifex* to Changes of Water Temperature and Substrate Composition. *Korean Journal of Ecology and Environment* 50(3): 355-361.

- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. 2^o edição. Elsevier, Amsterdam, 853p.
- Lemfers, F.C & Tena, F.M.P. 2017. Modelagem da onda de enchente do evento de 2011 no Rio Itajaí-Mirim, Município de Brusque (SC) utilizando o modelo HEC-RAS. XXII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- Lou, J.; Xu, H.; Guo, K. & Guo, M. 2022. Study on Nitrogen Transfer in the Symbiotic Ecosystem between Tubificidae and Microbes. Journal of Environmental Engineering 148(3).
- Mafra, E.O.; Ribeiro, E.A.W.; Gomes, A.P. & Tranker, V. 2020. Influência das variações hidrometeorológicas na qualidade da água do baixo rio Itajaí-Mirim, município de Itajaí (SC). Ci. e Nat., Santa Maria 42(2).
- Mattos, P.R. & Almeida, T.C.M. 2016. Spatiotemporal distribution of the benthic macrofauna in an urbanized subtropical estuary: environmental variations and anthropogenic impacts. Brazilian Journal of Oceanography 64(3): 227-238.
- McArdle, B.H. & Anderson, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distancebased redundancy analysis. Ecology 82: 290-297.
- Mendes, T.A.; Sousa, M.B.; Santos, S.A.; Santos, K.A. & Formiga, K.T.M. 2022. Uso do modelo HEC-RAS com base em informações de LiDAR para avaliação de inundações urbanas. Eng Sanit Ambient 27(1): 141-157.
- Mzungu, E.; Yakub, S. & Anyimba, E.S. 2022. Macroinvertebrates as bio-indicators of water quality in Omubira Stream, in Kakamega County, Kenya. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 10(4): 70-77.
- Salmaso, F.; Servanzi, L.; Crosa, G.; Quadroni, S. & Espa, P. 2021. Assessing the Impacts of Hydropeaking on River Benthic Macroinvertebrates: A State-of-the-Art Methodological Overview. Environments 8(7): 67.
- Santos, C.F.; Tornquist, C.S. & Marimon, M.P.C. 2014. Indústria das enchentes: Impasses e desafios dos desastres socioambientais no Vale do Itajaí. Geosul 29(57).
- Schenkova, J. & Helesic, J. 2006. Habitat preferences of aquatic Oligochaeta (Annelida) in the Rokttná River, Czech Republic- a small highland stream. Hydrobiologia 564(1): 117-126.
- Schettini, C.A.F. 2002. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 7(1): 123-142.
- Schuijt, L.M.; Van Bergen, T.J.; Lamers, L.P.; Smolders, A.J., & Verdonchot, P.F. 2021. Aquatic worms (Tubificidae) facilitate productivity of macrophyte *Azolla filiculoides* in a wastewater biocascade system. Science of the Total Environment 787: 147-538.
- Suguiú, K. 1973. Introdução a sedimentologia. São Paulo, Edgard Blücher.
- Tagliapietra, D. & Sigovini, M. 2010. Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. Terre et Environnement 88: 253-261.
- The Jamovi Project. 2021. Jamovi (Version 2.2. 5) [Computer Software]. Sydney, Austrália. Disponível em: <https://www.jamovi.org/>.
- Villar, S.; Kandravicius, N.; Martinez, S. & Muniz, P. 2015. Single cell gel electrophoresis as a tool to assess genetic damage in *Heleobia cf. australis* (Mollusca: Gastropoda) as sentinel for industrial and domestic pollution in Montevideo bay (Uruguay). Brazilian Journal of Oceanography 63(3): 347-354.
- Wei, M.; Huang, S.; Li, L.; Zhang, T.; Akram, W.; Khatoun, Z. & Renaud, F.G. 2022. Evolution of water quality and biota in the Panjiakou Reservoir, China as a consequence of social and economic development: implications for synergies and trade-offs between Sustainable Development Goals. Sustain Sci. 17: 1385-1404.
- Wolf, M.D.; Alves, T.P. & Piovezan, M. 2022. Ocorrência de parabenos nas águas de uma micro bacia hidrográfica na cidade de Itajaí (Santa Catarina, Brasil). Estrabão 3: 174-187.