

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região
Marinha e Costeira Adjacente**

A3MIS1 – Material Suplementar 1

Anexo 3 Marinho - Ictioplâncton

RT-39 RRDM/FEV 22

RA2021 PMBA/Fest-RRDM

Vitória,

Fevereiro de 2022

1. MATERIAL E MÉTODOS PARA ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS DO ICTIOPLÂNCTON

Os ovos e larvas de peixes foram totalmente triados das amostras das redes neustônica e bongô sob microscópio estereoscópico. Os ovos de peixes foram preservados em solução de formaldeído tamponado a 4% e as larvas de peixes foram preservadas em álcool 70%, com exceção das larvas do grupo *leptocephali* que foram preservadas em formaldeído tamponado a 4%.

O volume de água filtrada pela rede foi padronizado em indivíduos por metro cúbico de água filtrada (ind.m^{-3}) e estimado através da fórmula: $V=a.n.c$

Onde: V= volume de água filtrada (m^3); a= área da boca da rede; n= número de rotações (rot); e, c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho.

A abundância de ovos e larvas coletadas (ind.m^{-3}) foi extrapolada para um volume padrão utilizando-se a fórmula: $y = (x.V^{-1})$

Onde: y = densidade de ovos ou larvas de peixes; x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra; e, V = volume de água filtrada pela rede (m^3).

A identificação do ictioplancton foi realizada até o menor nível taxonômico possível, utilizando alguns parâmetros merísticos e morfométricos, com auxílio de microscópio estereoscópico. Foi utilizada bibliografia especializada, tais como: Richards (2006), Bonecker e Castro (2006), Fahay (2007), Bonecker *et al.* (2014), entre outros. As larvas vitelínicas e/ou danificadas permaneceram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes foi baseado na classificação de Nelson *et al.* (2016). Todos os nomes dos táxons identificados nesse estudo foram conferidos em Fricke *et al.* (2021).

1.1. TRATAMENTO DOS DADOS

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona a frequência relativa de diferentes espécies na amostra podendo alcançar valores altos quando todas as espécies distribuem-se homogeneamente na amostra (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). Porém, em amostras com baixo número de táxons, para as quais os índices de diversidade absoluta apresentam geralmente valores artificiais, é importante associar o Índice Relativo de Equitabilidade na interpretação ecológica dos resultados. Esse índice varia entre 0 (equitabilidade é mínima) e 1 (equitabilidade é máxima). Para o cálculo desses índices foram considerados os indivíduos identificados até o nível taxonômico de espécie e as demais categorias que representavam apenas um táxon (WU, 1982).

Os dados de abundância de ovos e larvas de peixe e de diversidade foram testados quanto à normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk's. O teste parte da hipótese nula (H_0) considerando a distribuição dos dados ser normal. Se o valor de p é menor que o nível estabelecido (5%), então tem

indícios para descartar a normalidade dos dados, passando a se utilizar análises não paramétricas (ZAR, 2010).

O teste não paramétrico de Mann-Whitney (U) (ZAR, 2010) foi usado para verificar a existência de diferenças entre a rede de nêuston superior e inferior, e como não houve diferença as abundâncias foram somadas. As amostras da rede bongo foram consideradas réplicas e foi utilizada a média dos resultados de abundância obtidos em cada estação de coleta. Os valores de p inferiores a 0,05 foram considerados significativos em todas as análises.

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H) (ZAR, 2010) foi usado para avaliar a existência de diferenças entre os quatro setores (APA Costa das Algas, Foz do Rio Doce, Norte e Abrolhos), entre as dez campanhas realizadas, entre o ano 1, ano 2 e ano 3, e entre as alturas de ondas (baixas, média e altas). O teste não paramétrico de Mann-Whitney (ZAR, 2010) foi utilizado para a comparação entre os períodos seco e chuvoso. Os testes de Shapiro-Wilk's, Mann-Whitney e Kruskal-Wallis foram realizados no Programa estatístico Statistica 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

Realizou-se análise de curva cumulativa de espécies para as amostras coletadas na superfície e na coluna de água pelos métodos de Chao, Jackknife1, Jackknife 2 e Bootstrap. A proposta dessas curvas é que elas representam o número de espécies identificadas, plotadas em um gráfico que nos indique qual foi a quantidade de esforços empregados para se inventariar uma área (COLWELL e CODDINGTON, 1994). Através da observação desta curva é possível fazer uma previsão de quantas espécies ainda podem vir a ser encontradas na área de estudo, comparando com levantamentos pretéritos.

Foram realizadas análises para verificar se havia diferença significativa na composição das assembleias de larvas de peixes em relação aos setores, as dez campanhas, os três anos de estudo, os dois períodos e as alturas de onda: análise de similaridade (ANOSIM) e o procedimento de porcentagem de similaridade (SIMPER), para identificar aquelas espécies que mais contribuíram para as similaridades (CLARKE e WARWICK, 1994). Os dados de abundância das espécies ictioplanctônicas foram transformados através da expressão $\log(x+1)$, para diminuir as variações entre as abundâncias dos táxons mais numerosos e os mais raros. O coeficiente de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado pois é considerado robusto, uma vez que não é afetado pelas múltiplas ausências e confere mais peso às espécies mais abundantes em relação às mais raras (CLARKE e WARWICK, 1994). Utilizou-se o teste com esquema de uma via (que considera apenas um fator) com 999 permutações. A correlação é considerada significativa quando o nível de significância for menor que 5%. As análises de curva cumulativa de espécies, ANOSIM e SIMPER foram realizadas no programa estatístico Primer, versão 6 (Primer-ELtda).

A influência dos parâmetros ambientais e metais (dissolvidos e particulados) na estrutura das assembleias do ictioplancton foi testada usando GLMs (modelos lineares generalizados) com a família de distribuição Gama. Os descritores foram a abundância de ovos não-viáveis coletados na superfície e de larvas de peixes registradas na coluna de água, e a diversidade das larvas de peixes;

enquanto os parâmetros ambientais (ortofosfato, nitrito e nitrato) e metais (Cd particulado, Fe particulado, Fe dissolvido, Co dissolvido e Cr dissolvido) foram usados como variáveis preditoras. A escolha dos parâmetros utilizados como variáveis preditoras foi realizada com base em análise exploratória prévia (Análise de Componentes Principais - ACP), selecionando os principais parâmetros responsáveis pela formação dos eixos principais. Inicialmente, um modelo completo foi desenhado usando todas as variáveis preditoras, e então modelos biologicamente lógicos foram construídos contendo menos variáveis. A partir dos resultados deste modelo completo, modelos biologicamente importantes foram projetados contendo menos variáveis preditoras. O critério de informação de Akaike para pequenas amostras (AICc) foi usado para selecionar o melhor modelo. O modelo com o menor AICc foi considerado o mais plausível para a descrição dos dados, e a importância dos modelos alternativos foi estimada a partir da diferença entre os valores do AIC ($\Delta AICc$). Modelos com $\Delta AICc \leq 2$ também foram considerados plausíveis (BURNHAM e ANDERSON, 2002). As GLMs (HEIBERGER e HOLLAND, 2015) foram realizadas usando o pacote MuMIn (BARTON, 2013). Essas análises foram realizadas em R 3.6.3 (R Development Core Team, 2020).

2. REFERÊNCIAS

- BARTON, K. **MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.10.0.1.** 2013.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model Selection and Multimodel Inference. A Practical Information-Theoretic Approach.** Springer-Verlag, New York. 2002.
- BONECKER, A. C. T.; CASTRO, M. S. **Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira.** Museu Nacional Série Livros n. 19. Rio de Janeiro. 2006. 216 p.
- BONECKER, A. C. T. et al. **Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos.** Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. Zoologia: guias e manuais de identificação séries. Disponível em <<http://books.scielo.org>>, 2014. 295 p.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation.** Natural Environmental Council, Plymouth Laboratories, Plymouth. 2nd Edition. 2001.
- COLWELL, R. K.; CODDINGTON J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Transactions of the Royal Society of London series B-Biological Sciences*, v. 345: 101-118, 1994.
- FAHAY, M. P. **Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras).** Northwest Atlantic Fisheries Organization. Nova Scotia, Canadá: 1696 p. 2007.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; VAN DER LAAN, R. (Eds.). **Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, species, references.** 2021.

(<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 19/11/2021.

HEIBERGER, R. M.; HOLLAND, B. **Statistical Analysis and Data Display: An Intermediate Course with Examples in R.** Springer-Verlag, New York. 2015.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology.** 2nd English edition. Developments in environmental Modelling, 20, Elsevier, New York, 853 p. 1998.

NELSON, J. S.; GRANDE, T. C.; WILSON, M. V. H. **Fishes of the world.** 5ª edição. John Wiley & Sons. New Jersey. 752 p. 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2010. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.r-project.org> (acessado 18/11/2021).

RICHARDS, W. J. **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic.** Volume I. and Volume II. CRC Press, Boca Raton, Florida: 2640 p. 2006.

WU, R. S. S. Effects of taxonomic uncertainty on species diversity indices. **Marine Environmental Research**, v. 6, p. 215-225. 1982.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis.** Prentice-Hall/Pearson, 5.ed, Upper Saddle River, 944p. 2010.

<https://swfsc.noaa.gov/textblock.aspx?Division=FRD&id=6210>. Acessado em 28/11/2021.