

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta Dissertação de Mestrado será disponibilizado somente a partir de 28/09/2019.

GABRIELA PUSTIGLIONE MARINSEK

ALTERAÇÕES MORFOFUNCIONAIS NO INTESTINO DE
Sphoeroides testudineus DECORRENTES DE DIFERENTES NÍVEIS
DE CONTAMINAÇÃO EM TRÊS ESTUÁRIOS DO LITORAL DO
ESTADO DE SÃO PAULO

SÃO VICENTE – SP
2018

ALTERAÇÕES MORFOFUNCIONAIS NO INTESTINO DE
Sphoeroides testudineus DECORRENTES DE DIFERENTES NÍVEIS
DE CONTAMINAÇÃO EM TRÊS ESTUÁRIOS DO LITORAL DO
ESTADO DE SÃO PAULO

PÓS-GRADUANDA: GABRIELA PUSTIGLIONE MARINSEK

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. RENATA DE BRITTO MARI

COORIENTADOR: PROF^o. DR^o. DENIS MOLEDO DE SOUZA ABESSA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção do
título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em
Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

574.5222 Marinsek, Gabriela Pustiglione
M339 Alterações morfofuncionais no intestino de *Sphoeroides*
testudineus decorrentes de diferentes níveis de contaminação em
três estuários do Litoral do Estado de São Paulo / Gabriela
Pustiglione Marinsek. - São Vicente, 2018.
84 p.: il, figs., gráfs.,

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Campus do Litoral Paulista - Instituto de Biociências.
Orientadora: Renata de Britto Mari
Co-orientador: Denis Moledo de Souza Abessa

1. Estuários - Contaminação. 2. Ecotoxicologia aquática.
3. Biomarcadores. 4. Baiacu (Peixe). 5. Litoral - São Paulo
(Estado). I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP
Instituto de Biociências - Campus do Litoral Paulista

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ALTERAÇÕES MORFOFUNCIONAIS NO INTESTINO DE Sphoeroides testudineus DECORRENTES DE DIFERENTES NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO EM TRÊS ESTUÁRIOS DO LITORAL DO ESTADO DE

AUTORA: GABRIELA PUSTIGLIONE MARINSEK

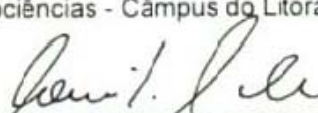
ORIENTADORA: RENATA DE BRITTO MARI

COORIENTADOR: DENIS MOLEDO DE SOUZA ABESSA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em BIODIVERSIDADE DE AMBIENTES COSTEIROS, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. RENATA DE BRITTO MARI
Instituto de Biociências - Câmpus do Litoral Paulista / UNESP



Prof. Dr. CAMILO DIAS SEABRA PEREIRA
Departamento de Ciências do Mar / Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP - Campus Baixada Santista - Santos/SP



Profa. Dra. KARINA MARTINEZ GAGLIARDO
Centro Universitário Monte Serrat (UNIMONTE)

São Vicente, 28 de setembro de 2018

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Avaliação do sistema nervoso entérico como bioindicador de impacto ambiental em peixes", Protocolo **04/2017 - CEUA**, sobre a responsabilidade da **Profa. Dra. Renata de Britto Mari e Gabriela Pustiglione Marinsek**, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) para fins de pesquisa científica (ou ensino) – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA, do Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, em reunião de 08/05/2017.

Vigência do Projeto:	01/08/2016 a 01/08/2018
Espécie/linhagem:	Balacô pintado (<i>Sphaeroides testudineus</i>)
Número de animais:	60 exemplares
Peso/idade:	Não definido/Adulto
Sexo:	30 machos / 30 fêmeas
Origem:	Estação Ecológica da Jureia-Iatins, Sistema Estuarino de Santos-São Vicente e Bertinga

São Vicente, 08 de maio de 2017.



Prof. Dr. Rafael Mendonça Duarte

*Dedico este trabalho à minha família, que sempre foi exemplo
de retidão e amor incondicional.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha querida orientadora, Prof. Dra. Renata de Britto Mari, por todo apoio durante todos estes anos de convivência e por sempre ter acreditado em meu trabalho. Me espelho no exemplo de profissional que você sempre foi para mim, obrigada!

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Denis Moledo de Souza Abessa, por ter aberto as portas de seu laboratório e por aceitar firmar essa parceria.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo projeto de auxílio financeiro (processo: 2014/07793-9).

Aos queridos Paloma e Rodrigo, por toda ajuda e apoio durante o desenvolvimento deste e de demais trabalhos.

Ao programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros (PPG-BAC) e a UNESP pela oportunidade de formação acadêmica e profissional.

Ao Instituto de Estudos Avançados do Mar (IEAMar – UNESP) que, além de me fornecer os equipamentos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, me ofereceu grandes amigos.

Aos colegas do Laboratório de Morfofisiologia Animal (LABMA-UNESP) pelo convívio prazeroso e pela ajuda durante as madrugadas de coletas. Principalmente aos queridos Lory, Alexandre e Nathália que se envolveram diretamente com meu mestrado, me ajudando a tornar este projeto possível.

Aos colegas do Núcleo de Estudos em Poluição e Ecotoxicologia Aquática (NEPEA), por terem me recebido tão bem e pela oportunidade de crescimento profissional

Aos meus pais, Silvia e Francisco, e aos meus irmãos, Bruno e Luiza e a minha companheira de jornada Lory por, simplesmente, tudo. Vocês são a minha base e a minha razão para continuar.

Aos grandes amigos que a graduação e a pós-graduação me ofereceram, que sempre estiveram de prontidão para as horas boas e ruins, muito obrigada!

Ao universo, que de alguma forma contribuiu para a conclusão deste trabalho. Gratidão!

“Tenho esperança de que um maior conhecimento do mar, que há milênios dá sabedoria ao homem, inspire mais uma vez os pensamentos e as ações daqueles que preservarão o equilíbrio da natureza e permitirão a conservação da própria vida”.

- Jacques Cousteau

RESUMO

As zonas costeiras são ambientes altamente sensíveis aos impactos causados pelas atividades antropogênicas, e o uso desenfreado destas áreas vem gerando grande preocupação, uma vez que tais impactos estão reduzindo drasticamente a biodiversidade destes ecossistemas. O monitoramento destas áreas é de grande valia para detectar os principais impactos e, assim, criar medidas de prevenção e mitigação, sendo realizado através da utilização de biomarcadores, uma vez que estas ferramentas proporcionam a análise das respostas biológicas dos organismos a exposição a contaminação ambiental. Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a qualidade ambiental de dois estuários da costa do estado de São Paulo que diferem quanto a densidade demográfica e políticas de preservação ambiental. Para tanto, exemplares de *Sphoeroides testudineus* foram coletados em três regiões, sendo estas: AR – Estuário do Rio Una (Área Referência - Mosaico Juréia Itatins), A1 – Estuário de Cananéia (Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia Iguape) e A2 – Estuário de Santos (Complexo Estuarino de Santos – São Vicente). Os animais foram analisados quanto a biomarcadores de diferentes órgãos (fígado, brânquias, sangue, músculo e intestino) e níveis de organização biológica a fim de proporcionar uma resposta integrada quanto a saúde do organismo. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade ambiental dos estuários através da utilização de biomarcadores amplamente utilizados em estudos ecotoxicológicos (fígado, brânquias, músculo e sangue), bem como, avaliar a resposta do intestino e dos neurônios mioentéricos neste cenário. Em A1, as principais alterações nos biomarcadores ocorreram principalmente no fígado (alterações bioquímicas e histopatológicas); em A2, as alterações foram mais expressivas nas brânquias, intestino, músculo e sangue, indicando alterações sistêmicas nos organismos coletados nesta região. Conclui-se, portanto, que a reduzida qualidade ambiental de A2 tem acarretado em alterações severas principalmente nas brânquias e intestino dos animais coletados.

Palavras chave: contaminação, estuário, baiacu, biomarcadores

ABSTRACT

Coastal zones are highly sensitive to the impacts caused by anthropogenic activities, and the unrestrained use of these areas is of great concern since such impacts are drastically reducing the biodiversity of such ecosystems. The monitoring of these areas is of great value to detect the main impacts and, thus, to create prevention and mitigation measures. The use of biomarkers is widely used in studies that evaluate environmental quality since this tool provides the analysis of organisms' biological responses to exposure to environmental contamination. In this way, this work aimed to evaluate the environmental quality of two estuaries located at the coast of the state of São Paulo that differ in terms of population density and environmental preservation policies. In order to do so, specimens of *Sphoeroides testudineus* were collected in three regions: AR- Rio Una Estuary (Reference Area - Juréia Itatins Mosaic), A1 - Cananéia Estuary (Lagunar Estuary Complex of Cananéia Iguape) and A2 - Santos Estuary (Estuarine Complex of Santos - São Vicente). The animals were analyzed for biomarkers of different organs (liver, gills, blood, muscle, and intestine) and levels of biological organization in order to provide an integrated response to the health of the organism. Thus, the objective of this study was to evaluate the environmental quality of the estuaries using biomarkers widely used in ecotoxicological studies (liver, gills, muscle, and blood), as well as to evaluate the response of intestine and myenteric neurons in this scenario. In A1, the main changes in biomarkers occurred mainly in the liver (biochemical and histopathological changes); in A2, the alterations were more expressive in the gills, intestine, muscle, and blood, indicating systemic alterations in the organisms collected in this region. It is concluded, therefore, that the worse environmental quality of A2 has caused severe alterations mainly in the gills and intestine of the animals collected.

Key-words: contamination, estuary, puffer fish, biomarkers

Lista de Siglas

AR – Área referência – Estuário do Rio Una, Mosaico Juréia – Itatins

A1 – Área 1 – Estuário de Cananéia, Área de Proteção Ambiental de Cananéia – Iguape – Peruíbe

A2 – Área 2 – Estuário de Santos, Complexo estuarino de Santos – São Vicente

SNE – Sistema Nervoso Entérico

AChE – Acetilcolinesterase

MN – Micronúcleo

NA – Anomalias nucleares

AMP – Área Marinha Protegida

GPx – Glutathione Peroxidase

GST – Glutathione S-transferase

GSH – Tiois não proteicos reduzidos

LPO – Peroxidação lipídica

FC – Fator de Condição

IHS – Índice hepatossomático

CLS – Comprimento da lamela secundária

LLS – Largura da lamela secundária

DIL – Distância inter-lamelar

EEB – Espessura do epitélio basal

HPAs – Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

PCBs – Bisfenilas policloradas

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVAS.....	11
Contaminação de ambientes costeiros	14
Conservação da Zona Costeira – Estado de São Paulo	15
OBJETIVOS GERAIS	17
Capítulo I - Avaliação da qualidade ambiental de três estuários da costa de São Paulo através da utilização de biomarcadores morfofisiológicos em peixes.	18
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1.INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1. Regiões de Estudo	22
2.2. Coleta e Preparação de Amostras.....	23
2.3. Biomarcadores Somático.....	24
2.3.1. Determinação do fator de condição (FC) e índice hepatossomático (IHS).....	24
2.4. Biomarcadores Genotóxicos	24
2.4.1. Teste do micronúcleo e anomalias nucleares em sangue periférico.....	24
2.5. Biomarcadores Bioquímicos.....	25
2.5.1. Determinações bioquímicas.....	25
2.6. Biomarcadores Morfológicos	26
2.6.1. Análise histopatológica e morfométrica	26
2.7. Tratamento de dados	27
3. RESULTADOS.....	28
3.1. Fator de Condição e Índice Hepatossomático	29
3.2. Micronúcleo e Alterações Nucleares	29
3.3. Biomarcadores bioquímicos.....	30
3.4. Análise Histopatológica e Morfométrica	32
3.5. Análise Multivariada.....	39
4. DISCUSSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	47
Capítulo II - Análise integrada do intestino de <i>Spherooides testudineus</i> em estuários com diferentes níveis de contaminação ambiental: um novo modelo de biomarcadores.....	53

RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
1. INTRODUÇÃO.....	55
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1. Bioindicador.....	57
2.2. Regiões de Estudo	57
2.3. Coleta dos Parâmetros Físico – Químicos da Água.....	59
2.4. Coleta do Material.....	59
2.5. Análise Histológica e Morfométrica do Intestino	60
2.6. Evidenciação dos neurônios mioentéricos	61
2.6.1.Detecção da população geral de neurônios mioentéricos – Técnica de Giemsa (Barbosa, 1978)	61
2.6.2.Detecção dos neurônios mioentéricos NADH – diaforase positivos (Gabella, 1987) e NADPH-diaforase positivos (Santer, 1994)	61
2.7. Densidade e Morfometria neuronal.....	62
2.8. Análises Bioquímicas	62
2.9. Tratamento de dados	63
3. RESULTADOS.....	63
3.1. Biomarcadores de Morfofisiologia Intestinal.....	64
3.1.1. Análise Histopatológica e Morfométrica do Intestino.....	64
3.2. Densidade e Morfometria dos Neurônios Mioentéricos	66
3.3. Biomarcadores Bioquímicos	68
3.4. Análise Multivariada e n-MDS.....	69
4. DISCUSSÃO.....	70
REFERENCIAS.....	76
CONCLUSÕES GERAIS.....	82
REFERENCIAS	83

INTRODUÇÃO GERAL E JUSTIFICATIVAS

Contaminação de ambientes costeiros

É sabido que as atividades humanas são responsáveis pelo declínio considerável da diversidade biológica mundial (Lovejoy, 1997). Principalmente no ambiente marinho a sobre-exploração de recursos pesqueiros, o descarte de lixo, a contaminação, a introdução de espécies exóticas e as mudanças climáticas vem causando alterações ecossistêmicas e consequente redução nas populações (Vikas e Dwarakish, 2015).

A presença de contaminantes, o descarte de resíduos inadequados e a perda de habitat podem ser considerados problemas pequenos e pontuais quando analisados separadamente, contudo, o estudo da poluição pode servir para analisar os eventos futuros causados pela contaminação, antecipando os efeitos da poluição sobre a biota e, consequentemente, sobre toda a diversidade biológica (Cross et al., 1985).

Aproximadamente cerca de três bilhões de pessoas vivem próximas às regiões costeiras, criando laços totalmente dependentes de seus recursos, principalmente através da alimentação e matéria prima fornecidas por estes ecossistemas (Moore et al., 2004). Contudo, a elevada densidade demográfica e o uso descomedido dos recursos ambientais geram consequências desastrosas a estes ecossistemas, principalmente devido ao despejo de efluentes industriais e domésticos (Moore et al., 2004).

Ambientes estuarinos levam atenção especial por se tratarem de ambientes transicionais parcialmente fechados, onde a água do mar é altamente diluída pelas águas continentais (Trujillo e Thurman, 1999). Por possuírem características biológicas importantes do ponto de vista ecológico e econômico, estes ambientes frequentemente abrigam áreas de elevada atividade antropogênica, o que os torna altamente susceptíveis aos impactos ambientais (Trujillo e Thurman, 1999).

Diversos estressores podem ser encontrados nos ambientes estuarinos ao longo de todo o mundo, sendo que, dentre os destaques encontram-se principalmente:

Fertilizantes, pesticidas e agroquímicos: estima-se que as atividades agrícolas contribuam em 50% com a poluição aquática mundial através da geração de resíduos (Duursma e Marchand, 1974). É reportado que estes resíduos estão entre os agentes mais devastadores dos ecossistemas aquáticos, prejudicando toda a cadeia trófica através de fenômenos como bioconcentração e biomagnificação.

Esgoto e efluentes domésticos e industriais: O esgoto dispensado nos corpos aquáticos contém uma gama de compostos domésticos e industriais, restos de animais, resíduos de produtos

de higiene, medicamentos, matéria orgânica, entre outros. A presença de bactérias nestes efluentes reduz a concentração de oxigênio dissolvido na água, levando a hipóxia do ambiente.

Metais: Metais pesados e metais traços são produtos de atividades industriais, e são considerados perigosos para os organismos aquáticos quando estão na forma de cátions, uma vez que conseguem se ligar as cadeias curtas de carbono, podendo, então bioacumular nos organismos e se concentrar ao longo dos anos. Dentre os metais que mais apresentam toxicidade para os organismos estão: mercúrio, cádmio, prata, níquel, selênio, chumbo, cobre, cromo, arsênio e zinco (Rainbow, 1995).

Compostos orgânicos: diversos compostos orgânicos sintéticos como organoclorados, organofosforados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e organometais vem causando grande preocupação devido a sua elevada toxicidade e persistência no ambiente. Além disso, por serem lipofílicos, tais compostos tem a capacidade de bioconcentração/bioacumulação (Ali e Sreekrishnan, 2001).

Plástico: Os plásticos são compostos orgânicos sintéticos derivados do petróleo, sendo os maiores poluentes macroscópicos dos oceanos, devido a sua versatilidade e amplo uso ao longo de todo o mundo. Além disso, quando seus polímeros são submetidos a radiação UV, são fragmentados em porções cada vez menores e persistentes no ambiente, aumentando sua disponibilidade aos diversos níveis tróficos (Derraik et al., 2002).

Conservação da Zona Costeira – Estado de São Paulo

A Zona Costeira do Estado de São Paulo é dividida em quatro setores agrupados a fim de melhorar a gestão costeira, sendo estes: Litoral Norte, Baixada Santista, Complexo Estuarino Lagunar de Iguape-Cananéia e Vale do Ribeira. Toda esta extensão mantém áreas preservadas (SMA, 2005).

De maneira geral, os setores se diferenciam pelas diferentes atividades, sendo que o setor da Baixada Santista se destaca principalmente pela elevada densidade demográfica (cerca de 1,7 milhões de habitantes), além de abrigar o maior porto da América Latina e o complexo industrial de Cubatão; o litoral Norte se caracteriza pelo turismo de veraneio e consequente especulação imobiliária, também possuindo atividades portuário-industriais em cidades como São Sebastião e Caraguatatuba; finalmente, a região do Vale do Ribeira e do Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia Iguape possuem contínuos de mata atlântica altamente preservados, associados a pequenas cidades onde se predominam atividades pesqueiras, rurais e de turismo (Sousa e Serafini, 2018).

Embora todos os setores apresentem algum tipo de unidade de conservação, a eficiência destas depende intimamente da implementação dos instrumentos de gestão, do conselho gestor e do plano de manejo (Sousa e Serafini, 2018).

Devido a intensa ação antropogênica, é necessário que haja programas de monitoramento nos ambientes costeiros que avaliem a relação da biota com os impactos causados; para tanto, existem programas de biomonitoramento, os quais se utilizam de parâmetros biológicos para medir a qualidade do ecossistema através das respostas dos organismos em relação ao meio em que vivem (Matthews et al., 1982), auxiliando assim na elaboração de planos de manejo destas regiões.

Durante muitos anos a avaliação da qualidade ambiental enfocava-se na detecção dos contaminantes presentes nas porções abióticas do ecossistema (Van der Oost et al., 1996; Silva et al., 2001). Os estudos de biomonitoramento direcionados a avaliação da ação dos contaminantes nos organismos vivos são mais recentes, sendo amplamente utilizados em ambientes estuarinos (Sardi et al., 2016; Oliva et al., 2017; Kammann et al., 2017).

A grande maioria dos estudos de monitoramento ambiental avaliam ambientes que são altamente antropizados, deixando de lado áreas marinhas protegidas (AMPs). As AMPs são áreas de proteção estabelecidas para assegurar o bem-estar dos ambientes marinhos, preservando tais patrimônios para usufruto das populações futuras (Scherl et al., 2006). De forma geral, a intenção de uma AMP é garantir o equilíbrio dos processos ecossistêmicos para que as diversas populações de organismos que ali habitam possam crescer e se reproduzir adequadamente (Houde, 2001).

Contudo, estas áreas são planejadas e gerenciadas seguindo os critérios adotados para unidades de conservação terrestres, embora as diferenças entre elas sejam substanciais (Houde, 2001). Dentre os fatores que as diferenciam pode-se ressaltar que os ecossistemas marinhos são conectados em escalas mais amplas, uma vez que a maioria dos organismos aquáticos pode se locomover por longas distancias (CNUDM, 1982).

Além disso, a água não respeita as fronteiras estabelecidas entre uma região protegida e uma região não protegida, carregando os contaminantes e os introduzindo nas AMPs a partir das áreas adjacentes (Pozo et al., 2009). Estas áreas merecem atenção especial por se tratarem de ambientes altamente ricos em biodiversidade, sendo muitas vezes vulneráveis a pesca e poluição (Jameson et al., 2002).

Estudos que avaliam o efeito dos contaminantes sobre a biota destes ecossistemas são escassos, e os disponíveis verificaram alterações nos sistemas biológicos causados pela presença de contaminantes (Gusso-Choueri et al., 2015; 2016; 2018).

Desta forma, é necessário que haja o fortalecimento do monitoramento ambiental em todos os ecossistemas susceptíveis aos impactos antropogênicos a fim de viabilizar e promover políticas e planos de manejo adequados para as áreas protegidas, além de fornecer informações de áreas não protegidas que viabilizem planos de remediação.

OBJETIVOS GERAIS

Considerando a importância da avaliação da qualidade ambiental de ambientes estuarinos, este estudo objetivou avaliar se a poluição vem alterando as respostas biológicas de *Sphoeroides testudineus* coletados em três regiões estuarinas com diferentes impactos antropogênicos e políticas de proteção ambiental.

Assim, este trabalho se divide em dois capítulos apresentados na forma de artigo científico:

Capítulo I: A partir da utilização de biomarcadores amplamente utilizados e aceitos em estudos que avaliam a qualidade ambiental, este artigo objetivou avaliar as respostas do fígado e das brânquias a nível bioquímico e morfológico, além das respostas genotóxicas no sangue e atividade colinesterásica do músculo de *Sphoeroides testudineus* coletados em três estuários do litoral do Estado de São Paulo.

Capítulo II: A partir das respostas dos biomarcadores avaliados previamente e este trabalho objetivou analisar as respostas do intestino do *Sphoeroides testudineus* através de biomarcadores morfológicos, bioquímicos e neuronais (sistema nervoso entérico) e propor um novo modelo de biomarcador a ser utilizado nas análises de qualidade ambiental.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados do presente estudo demonstraram que o Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia Iguape, área 1, embora seja reconhecido como uma área de proteção ambiental vem sofrendo gravemente com os efeitos dos contaminantes, principalmente metais, disponíveis na água e solo do estuário. Desta forma, seriam necessários estudos que biomonitorem esta região e auxiliem na remediação deste ecossistema.

Os animais coletados em A2, Complexo Estuarino de Santos – São Vicente indicaram um estado de saúde mais deteriorado em relação as duas outras áreas analisadas; tal situação pode ser decorrente da diversidade e concentração de contaminantes disponíveis neste ambiente. Desta forma, sugere-se que esta localidade deva ser monitorada e medidas de mitigação e prevenção devem ser estabelecidas a fim de recuperar a qualidade ambiental deste ecossistema altamente degradado.

Além disso, os resultados obtidos neste trabalho demonstraram a importância da utilização de diversos biomarcadores em diferentes tecidos para que as respostas obtidas sejam fieis as alterações ambientais, uma vez que cada tecido responde de maneira diferente a origem do contaminante e a concentração do mesmo disponível no ecossistema.

Por fim, sugere-se a incorporação da utilização do intestino como um biomarcador de monitoramento ambiental uma vez que este órgão se mostrou extremamente sensível aos contaminantes ambiental, principalmente no que tange o sistema nervoso entérico (SNE).

REFERENCIAS

- Ali, M., Sreekrishnan, T. R. 2001. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review. *Advances in environmental research*, 5(2), 175-196.
- Bícego, M.C., Seyffert, B. H., Martins, C.C., Fillmann, G. 2008. Poluição por Petróleo. In: Neto, J.A., Wallner-Kersanach, M., Patchineelam, S.M. *Poluição Marinha*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 77 – 94
- Derraik, J. G. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852.
- Duursma, E. K., Marchand, M., Vas, D. 1974. *Chlorinated hydrocarbon residues in biota, sediments and water collected from the Ligurian Sea* (No. IAEA--163).
- Gusso-Choueri, P. K., Choueri, R. B., de Araújo, G. S., Cruz, A. C. F., Stremel, T., Campos, S., Ribeiro, C. A. O. 2015. Assessing pollution in marine protected areas: the role of a multi-biomarker and multi-organ approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(22), 18047-18065.
- Gusso-Choueri, P. K., Choueri, R. B., Santos, G. S., de Araújo, G. S., Cruz, A. C. F., Stremel, T., de Sousa Abessa, D. M. 2016. Assessing genotoxic effects in fish from a marine protected area influenced by former mining activities and other stressors. *Marine pollution bulletin*, 104(1-2), 229-239.
- Gusso-Choueri, P. K., de Araújo, G. S., Cruz, A. C. F., de Oliveira Stremel, T. R., de Campos, S. X., de Souza Abessa, D. M., Choueri, R. B. 2018. Metals and arsenic in fish from a Ramsar site under past and present human pressures: Consumption risk factors to the local population. *Science of The Total Environment*, 628, 621-630.
- Houde, E.D. 2001. Committee on the Evaluation, Design, and Monitoring of Marine Reserves and Protected Areas in the United States. Marine Protected Areas, tools for Sustaining Ocean Ecosystems. *National Academy of Sciences*. Washington, DC.
- Jameson, S. C., Tupper, M. H., Ridley, J. M. 2002. The three screen doors: can marine “protected” areas be effective?. *Marine pollution bulletin*, 44(11), 1177-1183.
- Kammann, U., Akcha, F., Budzinski, H., Burgeot, T., Gubbins, M. J., Lang, T., Hylland, K. 2017. PAH metabolites in fish bile: From the Seine estuary to Iceland. *Marine environmental research*, 124, 41-45.
- Lovejoy, T. E. 1997. Biodiversity: what is it. *Biodiversity II. Understanding and Protecting Our Biological Resources*, 7-14.
- Matthews, R. A., Buikema Jr, A. L., Cairns Jr, J., Rodgers Jr, J. H. 1982. Biological monitoring: Part IIA—receiving system functional methods, relationships and indices. *Water Research*, 16(2), 129-139.
- Moore, J. C., Berlow, E. L., Coleman, D. C., de Ruiter, P. C., Dong, Q., Hastings, A., Nadelhoffer, K. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology letters*, 7(7), 584-600.
- National Research Council. Committee on the Evaluation, Design, and Monitoring of Marine Reserves and Protected Areas in the United States, Ocean Studies Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources. 2001. Monitoring, research, and modeling.
- Oliva, M., Gravato, C., Guilhermino, L., Galindo-Riaño, M. D., Perales, J. A. 2014. EROD activity and cytochrome P4501A induction in liver and gills of Senegal sole *Solea senegalensis* from a polluted Huelva Estuary (SW Spain). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 166, 134-144.
- Pozo, K., Lazzerini, D., Perra, G., Volpi, V., Corsolini, S., Focardi, S. 2009. Levels and spatial distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) in superficial sediment from 15 Italian Marine Protected Areas (MPA). *Marine pollution bulletin*, 58(5), 773.

- Rainbow, P. S. 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 31(4-12), 183-192.
- Sardi, A. E., Renaud, P. E., da Cunha Lana, P., Camus, L. 2016. Baseline levels of oxidative stress biomarkers in species from a subtropical estuarine system (Paranaguá Bay, southern Brazil). *Marine pollution bulletin*, 113(1-2), 496-508.
- Scherl, L. M., Wilson, A., Wild, R., Blockhus, J., Franks, P., McNeely, J. A., McShane, T. O. 2006. As áreas protegidas podem contribuir para a redução da pobreza. *Oportunidades e limitações*. Cambridge, Reino Unido: IUCN.
- Silva, C. A. R., Rainbow, P. S., Smith, B. D., Santos, Z. L. 2001. Biomonitoring of trace metal contamination in the Potengi estuary, Natal (Brazil), using the oyster *Crassostrea rhizophorae*, a local food source. *Water Research*, 35(17), 4072-4078.
- Sousa, E. E., Serafini, T. Z. 2018. Panorama das Unidades de Conservação na zona costeira e marinha do estado de São Paulo. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 44.
- Sousa, E. E., Serafini, T. Z. 2018. Panorama das Unidades de Conservação na zona costeira e marinha do estado de São Paulo. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 44.
- Trujillo, A. P., Thurman, H. V. 2008. *Essentials of oceanography* (No. Sirsi) i9780132401227). Pearson Education.
- Van der Oost, R., Opperhuizen, A., Satumalay, K., Heida, H., Vermeulen, N. P. 1996. Biomonitoring aquatic pollution with feral eel (*Anguilla anguilla*) I. Bioaccumulation: biota-sediment ratios of PCBs, OCPs, PCDDs and PCDFs. *Aquatic toxicology*, 35(1), 21-46.
- Vikas, M., Dwarakish, G. S. 2015. Coastal pollution: a review. *Aquatic Procedia*, 4, 381-388.