



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA DE CONCENTRAÇÃO- ZOOLOGIA)


JÉSSICA EMÍLIA SÉRGIO DE AQUÍNO GOLZIO

**DIVERSIDADE DE PARASITOS DE PEIXES E SUA RELAÇÃO COM
CARACTERÍSTICAS DOS HOSPEDEIROS E DO AMBIENTE NOS
ESTUÁRIOS DO RIO MAMANGUAPE E PARAÍBA DO NORTE, PARAÍBA,
BRASIL**

João Pessoa

2016

João Pessoa, 26/02/2016.



Dra. Ana Carolina Figueredo Lacerda Sakamoto (orientador)



Dr. Ênio Wocylí Dantas (titular)



Dr. Martin Lindsey Christoffersen (titular)



Universidade Federal da Paraíba

Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas- PPGCB

**DIVERSIDADE DE PARASITOS DE PEIXES E SUA RELAÇÃO COM
CARACTERÍSTICAS DOS HOSPEDEIROS E DO AMBIENTE NOS
ESTUÁRIOS DO RIO MAMANGUAPE E PARAÍBA DO NORTE, PARAÍBA,
BRASIL**

Orientadora: Ana Carolina de Figueiredo Lacerda Sakamoto

Orientanda: Jéssica Emília Sérgio de Aquino Golzio

Dissertação apresentada ao
Programa de pós-graduação
Ciências Biológicas, como
requisito à obtenção do título
de mestra em Zoologia.

João Pessoa

2016

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do projeto PVE/CAPES Processo 1167/2013 e pela bolsa de Mestrado.

Ao sinônimo de amor, Fátima e Durmerval e Maracujá, não existem vidas pra viver e pagar (com amor, a bolsa acaba mês que vem), por tudo o que eles fizeram e continuaram a fazer, amor nunca acaba.

A Carol, pela paciência.

A equipe de laboratório, Julia, Rayssa, Myllena, Anderson e Juliana. Em especial a Julia e ao Anderson. Eu te amo, Ju!

Ao ITP, Professora Cláudia, Professor. Rubens, Geza e todos os seus alunos. Vocês me receberam, me cuidaram, me alimentaram (valeu Geza, almoços lindos), me fizeram conhecer um poeta maravilhoso de Sergipe, me emprestaram R\$ 20. Eu nem queria ter ido. Doeu ter voltado.

Ao André, pelos desenhos lindos e por me fazer conhecer sua família maravilhosa.

Ao Besh, cara, valeu por livrar. Te amo, miga.

A rata preta, Alzair, não posso desagrader aqui, uma pena. Mas a boa parte é “estamos juntas nessa viagem aquariana de ser livre e amar tudo que é orgânico por aí”. Voa, afinal o amor é ligação inquebrável e invisível.

Os que tinha, os que mantive e os que que conquistei, amigos (não vou escrever o nome de todo mundo aqui – escrevi uma dissertação, ainda falta a tese – sejam compreensivos). Afinal, sorriso é combustível, valeu pelo gás.

Aos amores, Goga, Aline, Handerson, Erick, Thaís, Joana, Tia Carla, CG Boy. Transcender!

A mim, a mais importante. Quem é que está com dores na coluna? Eu, claro!

As “coisas que a natureza dá” e nos acalma. As “bikes” que me fizeram amar tudo que nos rege, fazendo o melhor, induzir-me a uma jornada interior.

Ao universo, sou grata.

Sumário

Capítulo Um

RESUMO.....	1
INTRODUÇÃO.....	4
MATERIAL E MÉTODOS	6
ÁREA DE ESTUDO.....	6
COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	7
PEIXES.....	7
PARASITOS.....	8
RESULTADOS.....	9
DISCUSSÃO.....	11
AGRADECIMENTOS.....	14
REFERÊNCIAS.....	15

Capítulo Dois

Resumo.....	19
1. Introdução.....	20
2. Material e Métodos.....	22
2.1 Área de estudo.....	22
2.2 Variáveis da água.....	23
2.3 Peixes.....	23
2.4 Parasitos.....	24
2.5 Análises.....	24
3. Resultados.....	26
4. Discussão.....	32
5. Referências.....	35

CAPÍTULO UM

Parasitos de peixes dos estuários do Mamanguape e Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. Novos registros de localidades e hospedeiros.

Orientadora: Ana Carolina de Figueiredo Lacerda Sakamoto

Orientanda: Jéssica Emília Sérgio de Aquino Golzio

João Pessoa

2016

**Parasitas branquiais de peixes dos estuários do Mamanguape e
Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. Novos registos de localidades e
hospedeiros.**

Jéssica E.S.A. Golzio· Ana C.F. Lacerda

Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da
Paraíba, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco, João Pessoa - PB,
58051-900, Brasil.

Programa de Pós-graduação em Zoologia (Ciências Biológicas),
Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, s/n - Castelo
Branco, João Pessoa - PB, 58051-900, Brasil.¹

RESUMO

Parasitas são importantes componentes das comunidades e constituem grande parte da diversidade biológica encontrada em diversos ecossistemas, podendo fornecer valiosas informações acerca de seus hospedeiros e o ambiente onde vivem. Entretanto, apesar de sua importância, a biodiversidade parasitária ainda é pouco conhecida em algumas regiões do Brasil, principalmente no que tange os parasitos de peixes na região Nordeste, sendo a maioria dos estudos concentrados na região Sudeste e Norte. O presente estudo teve como objetivo geral fazer o levantamento de fauna parasitária de peixes dos estuários do rio Paraíba do Norte e do rio Mamanguape, os dois principais estuários do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Foram realizadas duas coletas de peixes em cada estuário, em novembro de 2013 e em julho de 2014, utilizando arrastos manuais. Após a identificação e necropsia dos peixes, seus parasitos foram coletados, armazenados e identificados com a maior resolução taxonômica possível. Para cada espécie de parasito, foram

calculados os valores de prevalência, intensidade média e abundância média. Dentre os 794 peixes examinados, pertencentes a quatro espécies, 145 estavam parasitados por pelo menos uma espécie de parasito. No total, foram registradas 21 espécies de parasitos, dentre eles digenéticos, copépoda, isopodas, nematodas e monogenéticos, sendo o copépode *Acusicola brasiliensis* a espécie mais abundante. Considerando que a fauna parasitológica dos peixes destes estuários ainda não havia sido estudada, todas as ocorrências são novos registros de localidades para as espécies de parasitos. Além disso, novos registros de hospedeiros são feitos para espécies de parasitos já registradas em outras regiões.

Palavras-chave: ictioparasitologia, Nordeste, diversidade parasitária, primeiro registro, ectoparasito

ABSTRACT

Reduce human impacts to water quality, potentially affecting biodiversity. Fish parasites can be good indicators of the quality of water bodies, and their presence or absence can be interpreted as a sign of changes in habitat and help in the diagnosis of environmental problems. The study was conducted in two Paraíba's estuaries, Mamanguape (APA) and North Paraíba (surrounded by riverside community) in order to verify characteristics of the hosts and abiotic data as predictors of wealth gill parasites of fish. The species chosen hosts were *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879), *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825), *Mugil curema* Valenciennes, 1836 and *Rhinosardinea bahiensis* (Steindachner, 1879). In addition, the most prevalent and abundant copepod, *Acusicola brasiliensis*, was tested as a possible biomarker.

Generalized Linear Models were built with the intention to test the influence of the following predictor variables: weight, length, relative condition factor (Kn) collection period (full or dry), the estuary area, estuary, pH, ammonia, total dissolved solids, turbidity, transparency, nitrate, nitrite, conductivity, total phosphorus and chlorophyll a in wealth response variables of parasites and plenty of *Acusicola brasiliensis*. Both the wealth and the abundance of *A. brasiliensis* had significant relationship with parameters that indicate the quality of water, and you can use them as indicators of environmental health.

Keywords: ictioparasitologia, Northeast, parasite diversity, first record, ectoparasites

INTRODUÇÃO

Diversos estudos tem sido realizados ao longo dos anos para determinar a diversidade relativa de parasitas no mundo (Appeltans et al. 2012; Pavanelli et al. 2013 e Poulin e Morand 2004). Segundo Buckup et al. (2007), existem 4035 espécies de peixes de água doce no mundo dessas, 2587 ocorrem no Brasil, e uma quantidade ínfima desses possíveis hospedeiros é necropsiada com intuito de estudar possíveis parasitos (Eiras et al. 2010).

No Brasil, os primeiros estudos de levantamento de fauna parasitaria de peixes foram realizados pelo instituto Oswaldo Cruz em 1913, por Lauro Travassos (Karling et al. 2014). Embora o número de trabalhos envolvendo taxonomia de parasitos tenha aumentado ao longo dos anos, ainda existe uma lacuna a ser preenchida e uma necessidade de mais taxonomistas da área (Poulin 2014).

Além da importância dos parasitos como componentes da biodiversidade dos ecossistemas, os estudos de identificação desses organismos podem servir de base para a uma série de investigações, como patologias ocorrentes em seus hospedeiros (Pavanelli et al. 2002), impactos ecológicos e econômicos causados por espécies invasoras e seus parasitas utilização de parasitos como bioindicadores de qualidade de água (Lafferty 1997) e estudos sobre redes alimentares (Lafferty et al. 2008), entre outros. Dessa forma, torna-se necessário o conhecimento sobre as espécies de parasitos e seus hospedeiros em áreas ainda não investigadas, incluindo aspectos relacionados às suas interações e ciclos de vida.

Ambientes estuarinos tem por definição clássica a diluição da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental, tendo livre conexão com mar aberto (Cameron e Pritchard 1963). A comunidade de peixes estuarinos e representada por espécies residentes e migrantes, marinhas e de água doce, muitas das quais apresentam valor alimentar e/ou econômico para os pescadores que habitam as proximidades do estuário. Os peixes utilizam estes ambientes durante alguma fase do ciclo de vida, como áreas de alimentação, reprodução e criação de larvas e jovens (Blaber 2000) ou mesmo durante todo o ciclo de vida, em se tratando de espécies residentes.

Apesar de estudos já terem sido realizados acerca da biota dos estuários paraibanos (Leonel et al. 2002 e Xavier et al. 2014), até o momento nenhum deles considerou um componente ubíquo dessas comunidades: os parasitos de peixes. Os parasitos constituem grande parte da diversidade biológica encontrada em diversos ecossistemas, além de muitas espécies apresentarem potencial zoonótico e serem apontadas como responsáveis por uma série de

prejuízos econômicos nas atividades de aquicultura e pesca (Silva-Souza et al. 2012).

Esse trabalho teve como objetivo identificar os parasitos de peixes dos estuários do rio Mamanguape e Paraíba do Norte, efetivando novos registros de localidades e de hospedeiros para as espécies de parasitos.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREAS DE ESTUDO

Estuário do Rio Mamanguape: o estuário do Rio Mamanguape está localizado no litoral norte do estado da Paraíba, entre 6°43'02"S e entre 35°67'46"O (Figura 1). A sua extensão é de cerca de 25 km no sentido leste-oeste e de 5 km no sentido norte-sul, constituindo uma área de 16.400 hectares que faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) de Barra de Mamanguape (CERHPB 2004). O clima da região é do tipo AS' de Köppen, quente e úmido. Segundo dados da AESA (2010), a estação chuvosa tem início em fevereiro, prolongando-se até julho, com precipitações máximas em abril, maio e junho; a estação seca ocorre na primavera-verão, com estiagem mais rigorosa nos meses de outubro a dezembro. A precipitação anual normal situa-se entre 1750 e 2000 mm anuais e a temperatura média gira em torno de 24-26 °C.

Estuário do Rio Paraíba do Norte: a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Norte é a maior bacia do estado, com extensão aproximada de 380 km, intercepta 37

municípios e subdivide-se em alto Paraíba com 114,5 km de extensão, médio Paraíba com 155,5 km e baixo Paraíba com 110 km. (Figura 1).

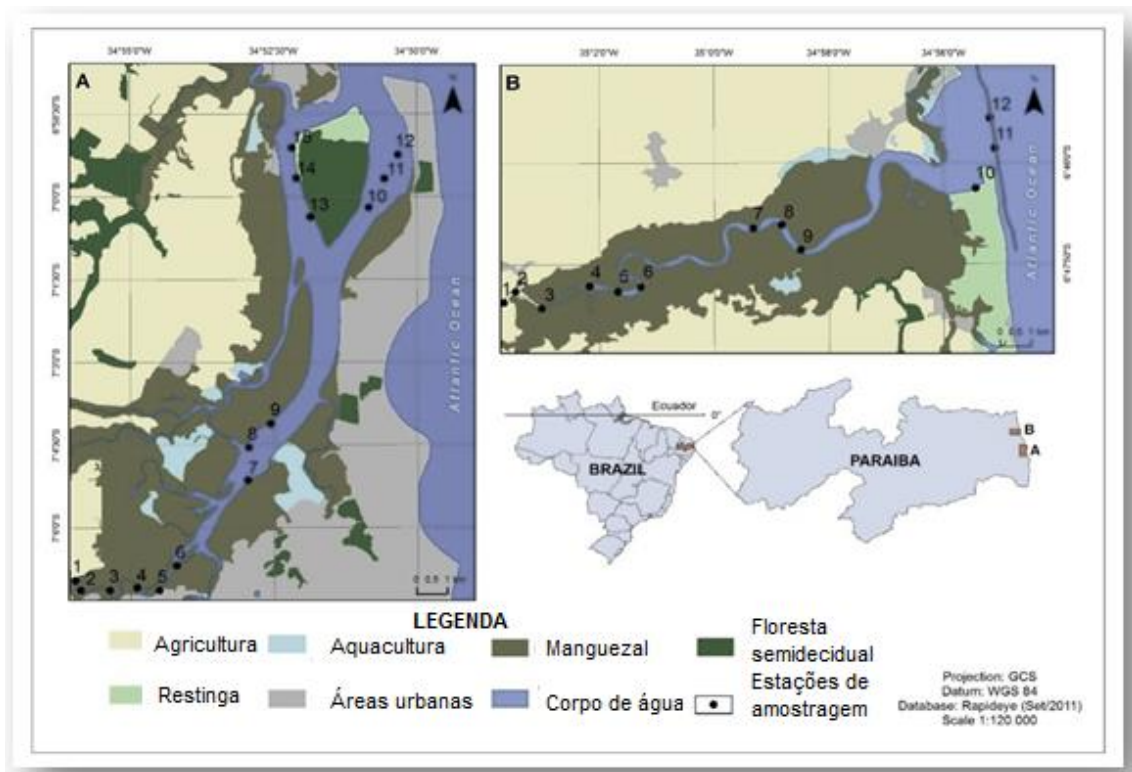


Figura 1. Estuário do Rio Mamanguape e Estuário do Rio Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. Pontos de coleta e descrição da área ribeirinha. Autor: S. Vital.

COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

PEIXES

As assembleias de peixes foram amostradas na época de chuva e na época de seca. A primeira coleta foi realizada em novembro de 2013, na estação seca; a segunda coleta foi realizada em julho de 2014, nos mesmos pontos, correspondendo à estação chuvosa. Em cada estação, foram realizados três

arrastos manuais por uma extensão aproximada de 30 m com uma rede de 10 m de comprimento x 1,5 m de altura e malha de 5 mm. Além disso, foram efetuadas três séries de 20 lances de tarrafa em cada local amostrado, nas coletas da seca. O peso e comprimento total dos peixes foram registrados no Laboratório de Ictiologia da UEPB (Universidade Estadual da Paraíba) e os peixes foram fixados em formol. Posteriormente, a necropsia dos peixes, coleta, fixação e conservação dos parasitos foram realizadas no Laboratório de Ecologia Aquática (LABEA) e no Laboratório de Invertebrados Paulo Young (LIPY) da Universidade Federal da Paraíba. Foram escolhidas as quatro espécies mais abundantes de peixes, bem como as com maior abundância parasitária para descrição da fauna parasitária, *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879), *Atherinella brasiliensis* (Amado e Rocha, 1996), *Mugil curema Valenciennes*, 1836 e *Rhinosardinea bahiensis* (Steindachner, 1879).

PARASITOS

Os parasitos foram coletados após dissecação dos peixes, retirados das brânquias e observação sob estereomicroscópio. Foram analisadas também as vísceras dos hospedeiros, mas nenhum endoparasito foi encontrado fora das brânquias. Em seguida, foram conservados em etanol 70%. Para identificação, os espécimes foram clarificados em Lactofenol de Amman (Nematoda) ou corados com tricrômico de Gomori, meio de Hoyer e Gray Weiss (Monogenea) ou Carmim Acético (Digenea) (Eiras et al. 2000). Posteriormente, lâminas foram montadas em Bálsamo do Canadá para a identificação com o auxílio do microscópio. A identificação foi realizada segundo Travassos et al. (1969), Thatcher (1991), Moravec (1998), Bray (2001). Os valores de prevalência,

intensidade média e abundância média foram calculados de acordo com Bush et al. (1997).

Os parasitos identificados até nível de espécie, foram tombados na Coleção de Invertebrados Paulo Young (CIPY), na UFPB. Os representantes do grupo Copepoda foram tombados montados em lâminas no Meio de Hoyer e os representantes do grupo Isopoda foram tombados em meio líquido, conservados em etanol 70%. Todos os espécimes tombados foram devidamente etiquetados e armazenados na Coleção.

RESULTADOS

Um total de 794 peixes analisados, das espécies *Atherinella brasiliensis*, *Anchoa januaria*, *Mugil curema* e *Rhinosardinia bahiensis*. Dentre estes, destaca-se pela quantidade de parasitos encontrados no hospedeiro *A. brasiliensis*. Como não existe qualquer estudo a cerca da comunidade parasitaria nos estuários do Mamanguape e Paraíba do Norte, todos os parasitos encontrados são o primeiro registro de ocorrência para o local (Tabela 1).

Do total de parasitos encontrados (N=145), a maioria foi do grupo Copepoda (N=1523), destacando-se *Acusicola brasiliensis* (N= 929), encontrado no peixe *A. brasiliensis*. Em *Mugil curema*, foi possível identificar cinco morfotipos de monogenéticos, todos pertencentes à família Dactylogyridae.

Tabela 1. Espécies de peixes, parasitos branquiais e valores de prevalência (P%), abundância média (AM) e intensidade média (IM) de infestação nos estuários do Paraíba do Norte e Mamanguape.

Parasito	Hospedeiro	Estuário	P%	IM	AM
Pharingodonidae gen sp.1	<i>A. brasiliensis</i>	Paraíba	0,95	2,00	0,01
Pharingodonidae gen sp.2		Paraíba	2,40	3,00	0,07
<i>Mothocya nana</i>		Mamanguape	1,70	1	0,02
<i>Mothocya omidaptria</i>		Paraíba	-	-	-
		Mamanguape	2,60	1	0,03
<i>Mothocya sp.</i>		Paraíba	3,20	1	0,03
		Mamanguape	2,60	1,00	0,03
<i>Acusicola brasiliensis</i>		Paraíba	42,50	12,70	5,4
		Mamanguape	27,60	13,00	4,7
<i>Bomolochus xenomelanirisi</i>		Paraíba	2,20	1,00	0,01
		Mamanguape	1,70	1,50	0,03
<i>Acusicola brasiliensis</i>	<i>A. januarua</i>	Mamanguape	0,12	2,50	0,30
		Paraíba	0,17	3,20	0,50
<i>Myosacium</i> sp.		Mamanguape	0,06	1,80	0,11
		Paraíba	0,13	2,20	0,30
<i>Parahemiurus</i> sp.		Mamanguape	0,06	1,10	0,07
			0,10	4,00	0,40
<i>Ergasilus atafonensis</i>	<i>M. curema</i>	Paraíba	2,50	36,00	0,08
		Mamanguape	1,40	153,00	2,14
<i>Bomolochus sp.</i>		Paraíba	0,50	2,00	0,01
Cagilidae sp.		Paraíba	0,50	2,00	0,01
Dactylogyridae sp. 1		Paraíba	0,50	30,00	0,14
		Mamanguape	0,90	134,00	1,43
Dactylogyridae sp. 2		Paraíba	0,50	1,00	< 0,01
Dactylogyridae sp. 3		Paraíba	1,40	45,30	0,64
Dactylogyridae sp. 4		Paraíba	0,50	1,00	< 0,01
Dactylogyridae sp. 5		Paraíba	0,50	1,00	< 0,01
<i>Acusicola sp.</i>	<i>R. bahiensis</i>	Paraíba	10,3	2,0	0,21
<i>Artystone sp.</i>		Paraíba	3,4	1,0	0,03
Nematoda gen. sp. 1		Paraíba	3,4	1,0	0,03

Nematoda gen. sp. 2	Paraíba	3,4	1,0	0,03
Nematoda gen. sp. 3	Paraíba	3,4	1,0	0,03

Os parasitos depositados na Coleção de invertebrados Paulo Young (CIPY), foram: (*Mothocya nana* - UFPB 7337; *Mothocya omidaptria* - UFPB 7336; *Acusicola brasiliensis* - UFPB 7346, UFPB 7347, UFPB 7348 e UFPB 7349; *Bomolochus xenomelanirisi* - UFPB 7341).

DISCUSSÃO

O estudo constitui uma relevante contribuição para o conhecimento da comunidade de ictioparasitas em dois estuários Nordesteiros. Sendo o primeiro trabalho efetuado com este objetivo. Considerando a ausência de estudos acerca da diversidade parasitária de peixes das bacias hidrográficas paraibanas, todos os parasitos encontrados constituem o primeiro registro de ocorrência para ambos os rios. Em relação aos primeiros registros de parasitos nos hospedeiros analisados, apenas os copépodes *Acusicola brasiliensis*, *Bomolochus xenomelanirisi* e *Ergasilus atafonensis* – parasitos de *A. brasiliensis* e *M. curema*, respectivamente, apresentavam prévio registro, para o nordeste do Brasil (El-Rashydy e Boxshall 2001; Luque e Tavares 2007). Para os digenéticos *Myosacium* sp. e *Parahemiurus* sp. – parasitos do gênero *Anchoa*, (*Anchoa tricolor* (Agassiz, 1829; *Anchovia arenicolla* (Meek e Hildebrand, 1923) e *Anchoviella* sp.), todos registros do Sul e Sudeste do

Brasil, porém ainda não registradas para espécie *Anchoa januaria*. (Cohen et al. 2013). Os demais parasitos identificados constituem o primeiro registro de ocorrência, tanto para o estuário quanto para o hospedeiro.

O peixe *A. brasiliensis* é considerado residente estuarino e tem por hábito viver na desembocadura do rio (Pessanha et al. 2000 e Fávoro et al. 2003). A espécie apresentou maior riqueza de parasitos tanto pela adaptação entre parasito-hospedeiro, possivelmente pelo efeito acumulativo, uma vez que, por ser residente os parasitos desse hospedeiro tem capacidade de suportar a variação diária de salinidade no local onde foram capturados (Laguer e Poulin 2015). Os peixes *A. januaria* e *M. curema* usam o ambiente estuarino para reprodução (Saraiva e Roberto 2014; Silva et al. 2007) e *R. bahiensis* usa o estuário na fase juvenil, como berçário (Bolzan et al. 2014). Esse fato pode explicar a menor abundância parasitária em *R. bahiensis*, já que o mesmo habita a área estuarina em uma curta fase da vida.. Para *A. januaria* e *M. curema* que usam o estuário já na fase adulta, podemos notar neste estudo a maior variedade de táxons de parasitos (Kamiya et al. 2014).

Os monogenéticos são ectoparasitos que, via de regra, apresentam alta especificidade de hospedeiros (Goater et al. 2014). Para *M. curema*, foram encontrados cinco morfotipos pertencentes à família Dactylogylidae. Todos os espécimes apresentam as características da família, segundo Kritsky (2012), cuja principal característica são estruturas fusiformes em forma de agulha nos ganchos. Existe registros dessa família de monogenéticos para Cichlidae, Characidae, Lutjanidae (Cohen e Kohn, 2009; Maregoni et al, 2009 e Kritsky, 2012) Contudo este estudo é o primeiro registro da presença da família Dactylogylidae para Mugilidae na Paraíba.

Para *A. januaria*, o número de digenéticos na fase adulta encontrados nas brânquias pode estar associado com a forma como o animal foi coletado. Considerando que a presença de digenéticos adultos nas brânquias é pouco comum, é possível que o conteúdo gástrico do animal tenha extravasado no momento da pesca, fazendo com que endoparasitos estomacais passassem pelas brânquias. Segundo Kohn *et al*, (2007), as duas espécies de digenéticos identificadas para esse hospedeiro são tipicamente parasitas de estômago e intestino para o gênero *Anchoa*, deixando-nos um grau de incerteza quanto ao sítio de infecção.

CONCLUSÃO

Este estudo constituiu o primeiro trabalho que documenta novos registros de ocorrência de espécies de parasitos em novos hospedeiros nos estuários do Paraíba do Norte e Mamanguape (Paraíba, Brasil). Trata-se de uma importante contribuição que tem o potencial de servir de base a subseqüentes estudos sobre parasitos estuarinos no estado da Paraíba, relacionando os parasitos com as condições do hospedeiro, bem como com as condições ambientais de onde estão inseridos.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento do projeto PVE/CAPES Processo 1167/2013 e pela bolsa de Mestrado.

Ao André Mota Alves, aluno de mestrado do programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Tirandentes- Aracaju/ Sergipe, pelas ilustrações.

REFERÊNCIAS

- AESA – Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba.
Chuvas acumuladas no ano no município de Rio Tinto–PB de 01/01/2011 a 31/10/2011. Disponível em:
<<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=1&pageNumber=4>>. Acesso em 23 set 2011
- Alves DR e Luque JL. 2006. Ecologia das comunidades de metazoários parasitos de cinco espécies de escombrídeos (Perciformes: Scombridae) do litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil. 51:37-58.
- Appeltans, W. et al., 2012. The magnitude of global marine species diversity. *Curr. Biol.* 22: 2189–2202.
- Buckup PA, Menezes NA e Ghazzi MSA. 2007. Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inland Waters. *Conservation Biology.* 19: 646-652.
- Blaber SJM. 2000. Tropical estuarine fishes: ecology, exploitation and conservation. Blackwell Science. 86: 364-372.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of Parasitology.* 83: 575-583.
- Cameron WM e Pritchard WD. 1963. Estuaries in the sea: ideas and observations on progress in the study of the seas. *Descriptive Oceanograph.* 2: 306-324.
- CERHPB – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. João Pessoa, 2004
- Cohen SC, Justo MCN e Kohn A. 2013. South America Monogeneoidea parasites of fishes amphibians and reptiles. n 1. 662p.

- Cohen, SC; Kohn, A. 2009. On Dactylogyridae (Monogenea) of four species of characid fishes from Brazil. Check List. 2: 351–356
- Eiras JC, Takemoto RM e Pavanelli GM. 2010. Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil. Maringá, Clichetec. Paraná: Maringá. 333pp
- El-Rashidy HH e Boxshall G. 2001. New species and new records of Ergasilus Nordmann (Copepoda: Ergasilidae) from the gills of grey mullet (Mugilidae). 51: 37-58.
- Fávaro LF, Lopes SCG e Spach HL. 2003. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia. 3: 501-506.
- Gualberto LA. 1997. Diagnóstico preliminar das condições ambientais do Estado da Paraíba. Conselho Estadual de Controle de Poluição das Águas CAGEPA-PB. 14: 95-103.
- Guedes LS. 2002. Monitoramento geoambiental do Estuário do Rio Paraíba do Norte- PB por meio de cartografia temática digital e de produtos de sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal. 127p.
- Goater TM, Goater CP e Esch GW. 2013 PARASITISM the diversity and ecology of animal parasites. n 2. United Kingdom: Cambridge, 497p.
- Kamiya T, O'Dwyer K, Nakagawa S e Poulin R. 2014. What determines species richness of parasitic organisms? A meta-analysis across animal, plant and fungal hosts. 89: 123–134.
- Kritsky DC. 2012. Dactylogyrids (Monogeneoidea: Polyonchoinea) parasitizing the gills of snappers (Perciformes: Lutjanidae): Revision of Euryhaliotrema with new and previously described species from the Red Sea, Persian Gulf, the eastern and Indo-west Pacific Ocean, and the Gulf of Mexico. (3): 227–276

- Lafferty KD. 1997. Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impact on the environment? *Parasitology Today*.13: 251–255.
- Lafferty KD, Allessina S, Arim M, Briggs CJ, Giulio de Leo, Dobson AP, Dunne JA, Johnson PTJ, Marcogliesi DJ, Martinez ND, Memmott MJ, Marquet PA, McLaughlin JP, Mordecai EA, Pascual M, Poulin R e Thielges. 2008. Parasites in food webs: the ultimate missing links. 3: 533-543.
- Leonel R, Veiga M, Godoy S, Lopes BC, e Aversari M. 2002. Distribution of wood-boring bivalves in the Mamanguape River estuary, Paraíba, Brazil. *Journal of the Marine Biological*. 82: 1039-1040.
- Luque JL e TAVARES LER. 2014. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. *Parasite Biodiversity*. *Zootaxa* 1579: 1–39.
- Marengoni, N.G.; Santos, R.S.; Gonçalves, A.C. Júnior, I.; Gino, D.M.; Zerbinatti, D.C.P. e Lima, F.S. 2009. Monogonoidea (Dactylogyridae) in Nile tilapia cultured under different stocking densities in cages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 61: 1678-4162.
- Nishida AK 2000. Catadores de moluscos do litoral paraibano. Estratégias de subsistência e formas de percepção da natureza. Tese de Doutorado. São Paulo: São Paulo. 143p.
- Oliveira REMCC e Pessanha ALM. 2014. Fish assemblages along a morphodynamic continuum on three tropical beaches. *Neotropical Ichthyology*. 1, 165-175.
- Paludo D e Klonowski VS. 1999. Barra de Mamanguape–PB: Estudo do impacto do uso de madeira de manguezal pela população extrativista e da possibilidade de reflorestamento e manejo dos recursos madeiros. *Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica*. 4: 34-54.
- Pavanelli GC, Takemoto RM e Eiras JC. PARASITOLOGIA Peixes de água doce do Brasil n1. Brasil: Maringá, 495p.
- Pavanelli GC, Takemoto RM, Eiras JC e Takemoto RM. DOENÇAS DE PEIXES Profilaxia, diagnóstico e tratamento. n 2. Brasil: Maringá, 305p.

- Pessanha ALM, Araújo FG, Azevedo MCC e Gomes ID. 2000. Variações temporais e espaciais na composição e estrutura da comunidade de peixes jovens da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*. 17: 251-261.
- Pinheiro MSS, Goiten R. 2014. Estrutura de uma população e aspectos biológicos de *Mugil curema valenciennes*, 1836 (PISCES, MUGILIDAE) em um manguezal da Rapoza, Brasil. *Rev. Ciênc. Saúde* 16: 58-65.
- Poulin, R. Are there general laws in parasite ecology?. *Parasitology*. 137: 763–776. 2006
- Poulin R, and Lagrue C. 2015. The ups and downs of life: population expansion and bottlenecks of helminth parasites through their complex life cycle. *Parasitology* 142: 791–799
- Poulin R. Parasite biodiversity revisited: frontiers and constraints. 2014. *International Journal for Parasitology* 44: 581–589.
- Souza ST, Lizama MAP e Takemoto RM. 2012 *Patologia e Sanidade de Organismos Aquáticos*. Maringá: Editora Massoni. 4: 402-404.
- Ueda BH, Karling LC, Takemoto RM e Pavanelli GC. 2013. Parasites of the freshwater fish trade in Brazil: science metric study. 33: 851-854
- Xavier JHA, Cordeiro CAMM, Tenório G D, Diniz A F, Júnior E NP, Rosa RS e Rosa IL. 2012. Fish assemblage of the Mamanguape Environmental Protection Area, NE Brazil: abundance, composition and microhabitat availability along the mangrove-reef gradient. *Neotropical Ichthyology*. 10: 109-122.

CAPÍTULO DOIS

Parasitas branquiais de peixes e sua relação com características dos hospedeiros e do ambiente em dois estuários do Nordeste do Brasil

Orientadora: Ana Carolina de Figueiredo Lacerda Sakamoto

Orientanda: Jéssica Emília Sérgio de Aquino Golzio

João Pessoa

2016

Parasitas branquiais de peixes e sua relação com características dos hospedeiros e do ambiente em dois estuários do Nordeste do Brasil

Jéssica E.S.A. Golzio^{1,2}, Ana C.F. Lacerda¹

¹ Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco, João Pessoa - PB, 58051-900, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Zoologia (Ciências Biológicas), Universidade Federal da Paraíba.

Resumo

Impactos antrópicos reduzem a qualidade da água, potencialmente afetando a biodiversidade. Parasitos de peixes podem ser bons indicadores da qualidade dos corpos hídricos, sendo que sua presença ou ausência pode ser interpretadas como sinal de mudanças no habitat e ajudar na diagnose de problemas ambientais. O trabalho foi realizado em dois estuários paraibanos, Mamanguape, Área de Proteção Ambiental (APA) e Paraíba do Norte, rio que tem como característica comunidades ribeirinha por sua extensão, a fim de verificar características dos hospedeiros e dados abióticos como preditores da riqueza de parasitos branquiais de peixes. As espécies de hospedeiros escolhidas foram: *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879), *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825), *Mugil curema* Valenciennes, 1836 e *Rhinosardinea bahiensis* (Steindachner, 1879). Adicionalmente, o copépode mais prevalente e abundante, *Acusicola brasiliensis*, foi testado como possível bioindicador. Modelos Lineares Generalizados foram construídos com intuito de testar a influência das seguintes variáveis preditoras: peso, comprimento, fator de condição relativo (Kn), período de coleta (cheia ou seca), região do estuário, estuário, pH, amônia, sólidos totais dissolvidos, turbidez, transparência, nitrato, nitrito, condutividade, fósforo total e clorofila-A nas variáveis resposta riqueza de parasitos e abundância de *Acusicola brasiliensis*. Tanto a riqueza como a abundância do parasita *A. brasiliensis* obtiveram relação significativa com parâmetros que indicam a qualidade de água, sendo possível utilizá-los como indicadores de saúde ambiental.

1. Introdução

Os parasitos de organismos aquáticos estão intrinsecamente relacionados a diversas características do habitat em que se encontram (Lafferty e Kuris, 1999). Por apresentarem um diversificado ciclo de vida, esses organismos podem ser suscetíveis a mudanças no ambiente, apresentando como resposta um aumento ou uma diminuição da abundância e da diversidade (Marcogliese e Cone, 1997; Marcogliese, 2005). Por esse motivo, os parasitos têm atraído interesse de pesquisadores com a finalidade de compreendê-los como potenciais indicadores de qualidade ambiental, devido à variedade de formas as quais respondem às poluições de origem antropogênica, sejam elas derramamento de óleo, metais pesados, eutrofização, precipitação de ácidos e de esgotos domésticos, agrícolas e industriais (Landsberg et al., 1998; Sures, 2004). Entretanto, a fauna parasitológica de diversos sistemas ainda não é conhecida, estejam eles saudáveis ou afetados por diferentes formas de poluição. Com o desequilíbrio na integridade biótica do ecossistema aquático, alterações na comunidade componente de parasitos podem refletir a perda da qualidade ambiental (Lafferty, 1997).

Os táxons de parasitos podem responder de formas diferentes aos tipos de poluição (Lafferty, 1997). Como exemplo os ciliados e nematodas, que são sensíveis a indicadores de eutrofização (Palm e Dobberstein, 1999) e digeneas e acantocéfalos, estes são sensíveis indicadores de metais pesados e distúrbios antrópicos (Jeney et al., 2002 e Billiard e Khan, 2003). Não foi encontrado nenhum trabalho que avaliasse a relação entre copépodes parasitas de peixes e estressores ambientais. A qualidade da água e do substrato é fundamental para a manutenção de organismos na base das cadeias tróficas, assim como a dos peixes em seus estágios ontogenéticos iniciais, particularmente mais suscetíveis a desequilíbrios ambientais e à mortalidade (Marcelino et al., 2005).

Considerando os crescentes impactos de origem antrópica sobre os estuários paraibanos, os estuários dos rios Paraíba do Norte (RPN) e Mamanguape (RMA) constituem uma excelente oportunidade para o estudo de

parasitos como indicadores de impacto ambiental. O rio Paraíba do Norte sofre impacto contínuo decorrente de atividades antrópicas, causando interferência direta e indireta no comportamento e no ciclo biológico de diversas espécies no local (Watanabe et al., 1994), enquanto o rio Mamanguape está localizado em uma Área de Proteção Ambiental (APA) (Paludo e Klonowski, 1999). Não há estudos sobre parasitos de peixes para os ambientes estudados

Os organismos aquáticos estão expostos a uma série de estressores, naturais ou provocados pelo homem, como variações dos parâmetros físicos e químicos (regime de chuvas, temperatura), mudanças na alimentação, alterações de disponibilidade de habitat, exposição a contaminantes e aumento no aporte de nutrientes (eutrofização) (Catalano et al., 2014). Os parasitos de peixes podem refletir a qualidade ambiental, o habitat de seu hospedeiro e interagir com diferentes níveis das estruturas de comunidades de microrganismos e peixes, constituindo potenciais bioindicadores para a região de estudo (Machado, 1999; Adams e Greeley, 2000).

Tendo em vista a importância de entender e subsidiar melhorias para ambientes estuarinos se faz necessário aprofundamento de estudos ictioparasitológicos para ambientes de variação de salinidade diária, afim de protegê-los dos impactos decorrentes da poluição antrópica.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

Estuário do Rio Mamanguape: o estuário do Rio Mamanguape está localizado no litoral norte do estado da Paraíba, entre 6°43'02"S e entre 35°67'46"O (Figura 1). A sua extensão é de cerca de 25 km no sentido leste-oeste e de 5 km no sentido norte-sul, constituindo uma área de 16.400 hectares que faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) de Barra de Mamanguape (CERHPB 2004). O clima da região é do tipo AS' de Köppen, quente e úmido. Segundo dados da AESA (2010), a estação chuvosa tem início em fevereiro, prolongando-se até julho, com precipitações máximas em abril, maio e junho; a estação seca ocorre na primavera-verão, com estiagem mais rigorosa nos meses de outubro a dezembro. A precipitação anual normal situa-se entre 1750 e 2000 mm anuais e a temperatura média gira em torno de 24-26 °C.

Estuário do Rio Paraíba do Norte: a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Norte é a segunda maior bacia do estado, com extensão aproximada de 380 km, intercepta 37 municípios e subdivide-se em alto Paraíba com 114,5 km de extensão, médio Paraíba com 155,5 km e baixo Paraíba com 110 km (Gualberto, 1977; Nishida, 2000). Abrange os municípios de Santa Rita, Bayeux, João Pessoa, Lucena e Cabedelo, (Nishida, 2000) e localiza-se entre as latitudes 6°54'14" e 7°07'36"S e as longitudes 34°58'16" e 34°49'31" O (Fig. 1).

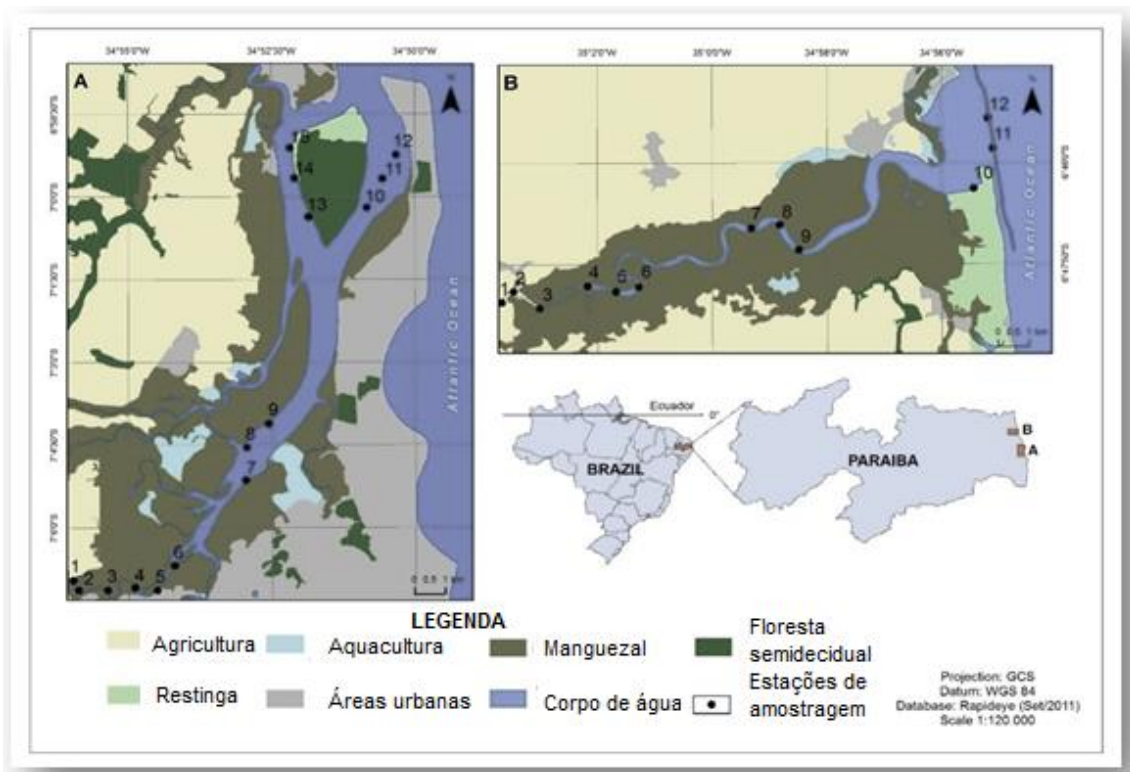


Figura 1 - Estuário do Rio Mamanguape e Estuário do Rio Paraíba do Norte, Paraíba, Brasil. Pontos de coleta e descrição da área ribeirinha. Autor: S. Vital.

2.2 Variáveis da água

Os valores de superfície para salinidade (downstream – referente a porção do estuário onde se encontra elevada salinidade e upstream – referente a área do estuário com baixo nível de salinidade), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), pH e turbidez foram medidos *in situ* utilizando, por meio de uma sonda multiparâmetros (Horiba/U-50). Ainda no local de coleta, a transparência da água foi medida com disco de Secchi. As concentrações de Amônia, Nitrito e Nitrato (Apha, 2005) e Fósforo total (TDS) (Strickland e Parsons, 1972) foram obtidos no laboratório da Universidade Estadual da Paraíba- Campus I. Foi avaliada a concentração de Clorofila-A segundo Lorenzen (1967).

2.3 Peixes

Para cada um dos estuários, em habitats definidos previamente em coleta piloto, foram selecionadas três estações de amostragem. As assembleias de peixes foram amostradas na época de chuva e na época de seca, em duas coletas ao longo de um ano. Em cada estação, foram realizados três arrastos manuais na margem e vinte tarrafas no canal. Para a captura de

juvenis, foram realizados arrastos com uma rede de 10 m de comprimento x 1,5 m de altura e malha de 5 mm por uma extensão aproximada de 30 m. Para a captura dos adultos nos canais, foram efetuadas três séries de 20 lances de tarrafa em cada local amostrado. A primeira coleta foi realizada em novembro de 2013, na estação seca; a segunda coleta foi realizada em julho de 2014, nos mesmos pontos, correspondendo à estação chuvosa. O peso e comprimento total dos peixes foram registrados no Laboratório de Ictiologia da UEPB (Universidade Estadual da Paraíba) e os peixes foram fixados em formol. Posteriormente, a necropsia dos peixes, coleta, fixação e conservação dos parasitos foram realizadas no Laboratório de Ecologia Aquática (LABEA) e no Laboratório de Invertebrados Paulo Young (LIPY) da Universidade Federal da Paraíba. Foram selecionadas as espécies de peixes que apresentavam maior abundância parasitária, *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879) (N=135), *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) (N=407), *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (N=214) e *Rhinosardinia bahiensis* (Steindachner, 1879) (N=36).

2.4 Parasitos

Após a necropsia dos peixes, os parasitos foram retirados das brânquias, em seguida, foram conservados em etanol 70%. Para identificação, sob estereomicroscópio. Os espécimes foram clarificados em Lactofenol de Amman (Nematoda) ou corados com tricrômico de Gomori, meio de Hoyer e Gray Weiss (Monogenea). Posteriormente, lâminas foram montadas em Bálsamo do Canadá para a identificação com o auxílio do microscópio. A identificação foi feita segundo, Thatcher (1991), Moravec (1998), Bray et al., (2001). Os valores de prevalência (P%), intensidade média (IM) e abundância (AM) média foram calculados de acordo com Bush *et al.* (1997).

2.5 Análises

Quatro Modelos Lineares Generalizados (GLMs) foram construídos, utilizando o ambiente de programação R (R Development Core Team, 2010). Dois modelos foram construídos utilizando a riqueza de parasitos (um para características dos hospedeiros e outro para características dos ambientes) e

dois modelos utilizando a abundância do parasito mais prevalente e abundante como variável resposta (um para característica do hospedeiro e outro para variáveis da água). Nos quatro modelos, as seguintes variáveis foram testadas como possíveis variáveis preditoras: período de coleta, região do estuário, estuário, pH, amônia, sólidos totais dissolvidos (tds), turbidez, transparência, nitrato, nitrito, condutividade, fósforo total e clorofila A (características do ambiente) e peso, comprimento e fator de condição relativo (Kn) (características dos hospedeiros). Os modelos mais apropriados para explicar variações na variável resposta foram selecionados utilizando o critério de *backwards*, onde todas as variáveis são incluídas no modelo e as menos significativas vão sendo retiradas do mesmo. Valores significativos ($>0,05$) são considerados um indicativo de que variações na variável resposta podem ser explicadas por variações na variável preditora.

3. Resultados

Foram analisados 792 peixes das seguintes espécies: *Anchoa januaria* (N=135), *Atherinella brasiliensis* (N=407), *Mugil curema* (N=214) e *Rhinosardinia bahiensis* (N=36). Em relação ao comprimento total dos peixes, o tamanho médio por espécie total (TT) e apenas considerando os peixes parasitados (TP) foi de: *A. brasiliensis* (TT = 64,65 ±19,81; TP = 87,68 ± 18,28); *A. januaria* (TT 34,42 ± 26,87; TP = 54,42 ± 25,87) e *M. curema* (TT = 56,17 ± 25,46; TP = 82,93 ± 19,41) e *R. bahiensis* (TT = 74,91 ±21,56; TP = 88,28 ± 17,45). Não existe, até o momento, registro para o tamanho máximo de *R. bahiensis* porém *A. januaria*, *A. brasiliensis* e *M. curema* apresentaram tamanho máximo de (6,5 cm; 7,6 e 19,7), respectivamente.(Whitehead et al., 1988; Cervigon et al., 1992 e Harrison, 1995).

Dentre os peixes analisados, 125 apresentaram as brânquias parasitadas por pelo menos uma espécie de parasito (Tabela 1). *Atherinella brasiliensis* apresentou o maior número de peixes parasitados (87), seguido de *Mugil curema* (18), *Anchoa januaria* (15) e *Rhinosardinia bahiensis* (5). A riqueza de espécies de parasitos variou entre 0 e 4 (0,18±0,31). O copépode *Acusicola brasiliensis* Amado & Rocha, (1999), encontrado nas brânquias de *A. januaria* e *A. brasiliensis*, foi o parasito mais abundante e prevalente (superior a 20% em ambos os estuários para o hospedeiro *Atherinella brasiliensis*) e, por esse motivo, foi escolhido para a construção dos modelos. Além disso, o copépode *Acusicola brasiliensis* foi encontrado em um peixe considerado residente estuarino, *A. brasiliensis* (Pessanha et al., 2000), capaz de suportar as variações de salinidade diária do ambiente de estudo, sendo assim um possível bioindicador de qualidade de água

Tabela 1. Espécies de peixes, parasitos branquiais e valores de prevalência (P%), abundância média (AM) e intensidade média (IM) de infestação nos estuários do Paraíba do Norte e Mamanguape. Modificada de Golzio et al. (capítulo 1 - em preparação).

Parasito	Hospedeiro	Estuário	P%	IM	AM
Pharingodonidae gen sp. 1	<i>A. brasiliensis</i>	Paraíba	0,9	2,0	0,01
Pharingodonidae gen sp. 2		Paraíba	2,4	3,0	0,07
<i>Mothocya nana</i>		Mamanguape	1,7	1,0	0,02
<i>Mothocya omidaptria</i>		Paraíba	-	-	-
		Mamanguape	2,6	1,0	0,03
<i>Mothocya</i> sp.		Paraíba	3,2	1,0	0,03
		Mamanguape	2,6	1,0	0,03
<i>Acusicola brasiliensis</i>		Paraíba	42,5	12,7	5,4
		Mamanguape	27,6	13,0	4,7
<i>Bomolochus xenomelanirisi</i>		Paraíba	2,2	1,0	0,01
		Mamanguape	1,7	1,5	0,03
<i>Acusicola brasiliensis</i>	<i>A. januaris</i>	Mamanguape	0,1	2,5	0,30
		Paraíba	0,1	3,2	0,50
<i>Myosacium</i> sp.		Mamanguape	0,0	1,8	0,11
		Paraíba	0,1	2,2	0,30
<i>Parahemiurus</i> sp.		Mamanguape	0,0	1,1	0,07
			0,1	4,0	0,40
<i>Ergasilus atafonensis</i>	<i>M. curema</i>	Paraíba	2,5	36,0	0,08
		Mamanguape	1,4	153,0	2,14
<i>Bomolochus</i> sp.		Paraíba	0,5	2,0	0,01
Cagilidae sp.		Paraíba	0,5	2,0	0,01
Dactylogyridae sp. 1		Paraíba	0,5	30,0	0,14
		Mamanguape	0,9	134,0	1,43
Dactylogyridae sp. 2		Paraíba	0,5	1,0	< 0,01
Dactylogyridae sp. 3		Paraíba	1,4	45,3	0,64
Dactylogyridae sp. 4		Paraíba	0,5	1,0	< 0,01
Dactylogyridae sp. 5		Paraíba	0,5	1,0	< 0,01
<i>Acusicola</i> sp.	<i>R. bahiensis</i>	Paraíba	10,3	2,0	0,21
<i>Artystone</i> sp.		Paraíba	3,4	1,0	0,03
Nematoda gen. sp. 1		Paraíba	3,4	1,0	0,03
Nematoda gen. sp. 2		Paraíba	3,4	1,0	0,03
Nematoda gen. sp. 3		Paraíba	3,4	1,0	0,03

seguintes variáveis preditoras foram selecionadas, para ambiente e para hospedeiro: período de coleta ($p < 0,001$), região do estuário ($p = 0,036$) e a espécie hospedeira ($p < 0,05$), sendo a maior riqueza encontrada nas coletas

de seca (Figura 2.A), em zonas com menor salinidade (Figura 2.B) e na espécie hospedeira *Mugil curema* (Figura 2.C).

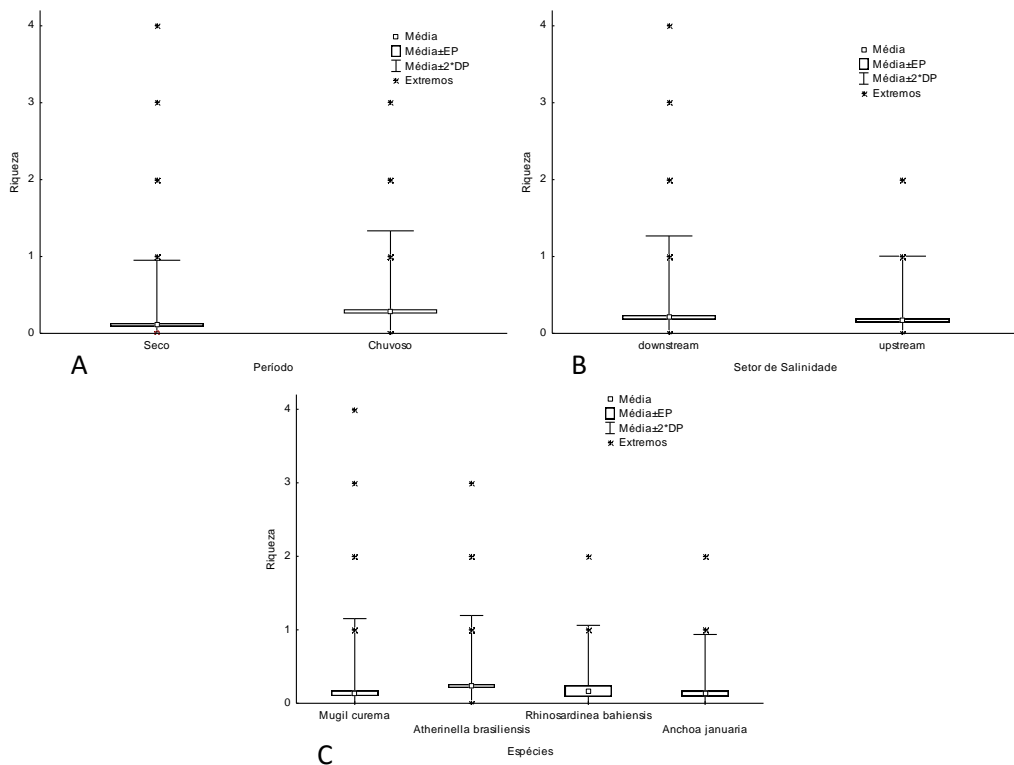


Fig 2.: (A) Relação riqueza e período de coleta. (B) Relação riqueza e salinidade. (D) Relação Riqueza e espécie de hospedeiro.

Nos modelos, utilizando a abundância do copépode *Acusicola brasiliensis* como variável resposta, as seguintes variáveis preditoras foram selecionadas: período de coleta ($p < 0,001$) e região do estuário ($p < 0,001$), sendo os maiores valores de abundância do parasito nas coletas de cheia (Figura 3.A) e na região *upstream* do estuário (Figura 3.B)

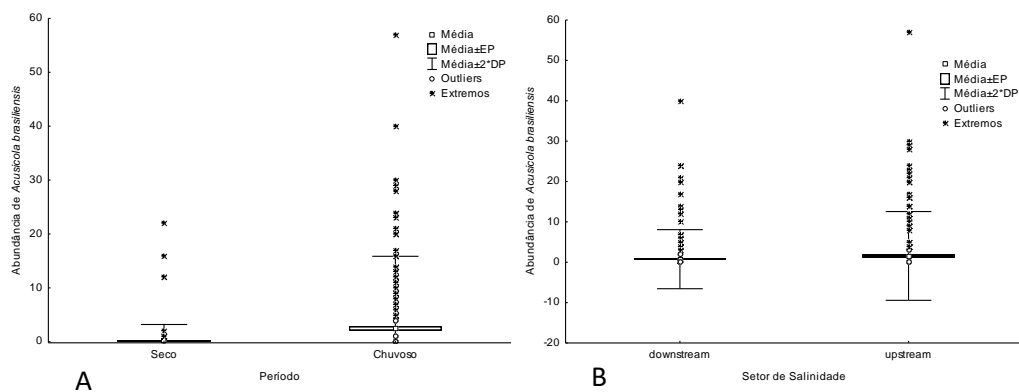


Fig 3.: (A) Relação *Acusicola brasiliensis* e período de coleta. (B) Relação *Acusicola brasiliensis* e setor de salinidade.

Utilizando as variáveis: comprimento total, peso total e fator de condição (kn). Para riqueza, nenhuma delas obteve valores significativos. Para o parasito *A. brasiliensis*, obtiveram relação significativa: comprimento total ($p < 3.89e-09$) (Fig 4A) e o fator de condição ($p < 2.34e-10$) (Fig. 4B).

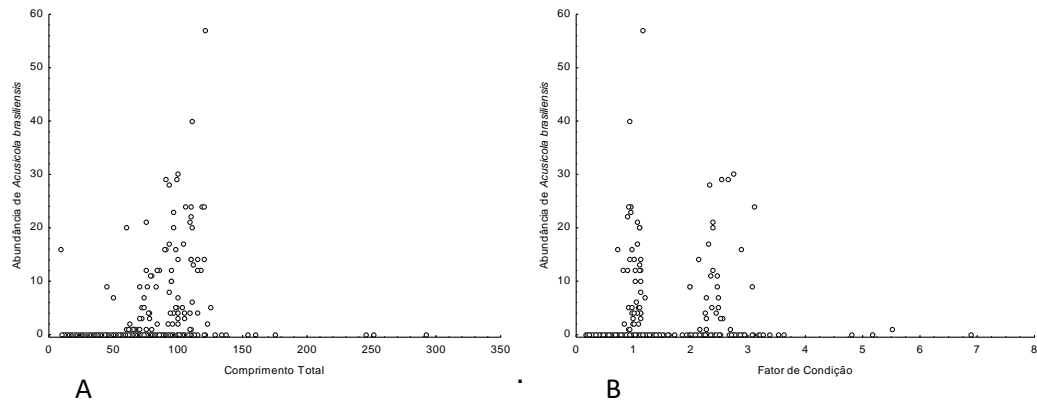
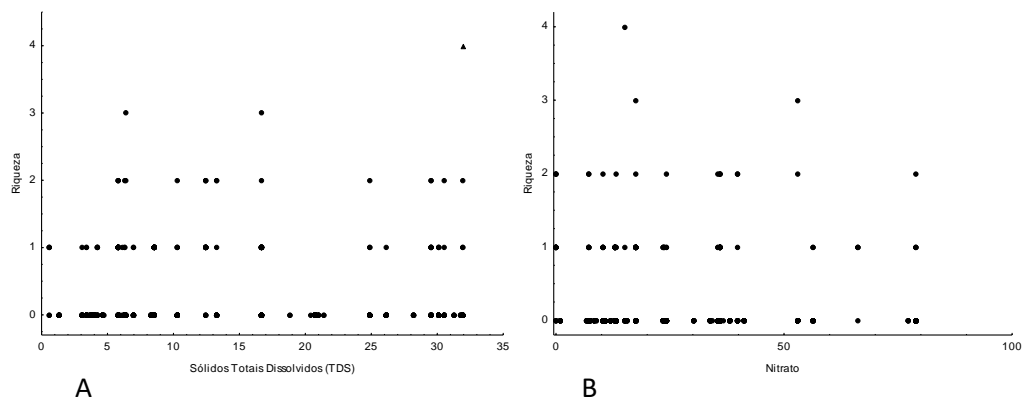


Fig 4.: (A) Relação *Acusicola brasiliensis* e comprimento total do hospedeiro. (B) Relação *Acusicola brasiliensis* e fator de condição relativo do hospedeiro.

Para as variáveis que caracterizam a água: sólidos totais dissolvidos (tds), turbidez, temperatura, nitrato, nitrito, fósforo total e clorofila-A. Em relação à riqueza: TDS ($p < 0.003$) (Fig. 5A), nitrato ($p < 0.006$) (Fig. 5B) e clorofila-A ($p < 0,005$) (Fig. 5C), obtiveram valores significativos. Para *A. brasiliensis*: TDS ($p < 0,005$) (Fig. 6A), turbidez ($p < 0,005$) (Fig. 6B), nitrato ($p < 0.001$) (Fig. 6C), nitrito ($p < 0,005$) (Fig. 6D), fósforo total ($p < 0,005$) (Fig. 6E) e clorofila-A ($p < 0,005$) (Fig. 6F), obtiveram valores significativos.



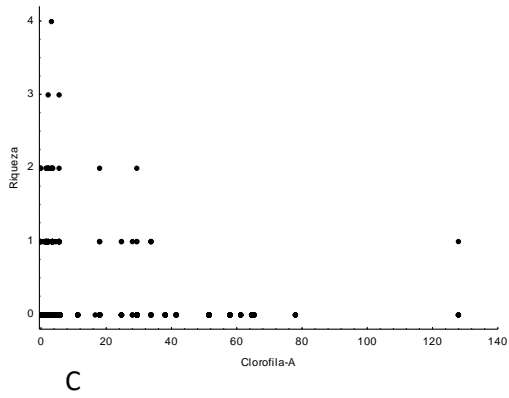
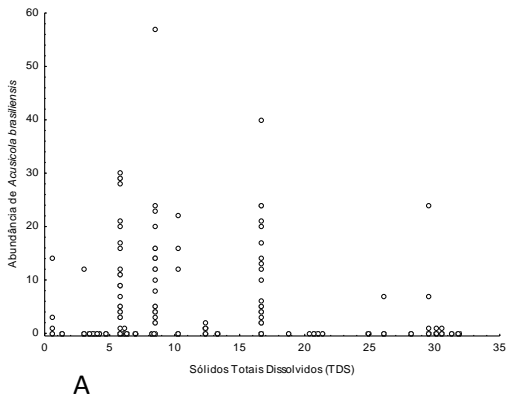
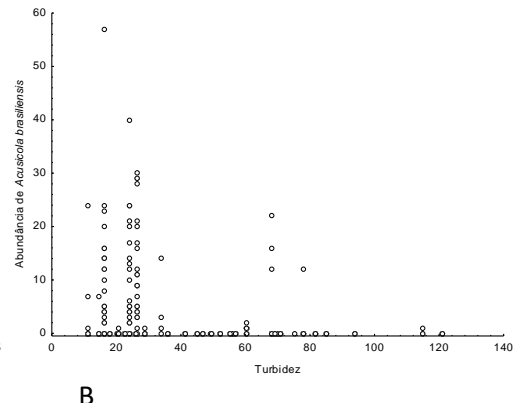


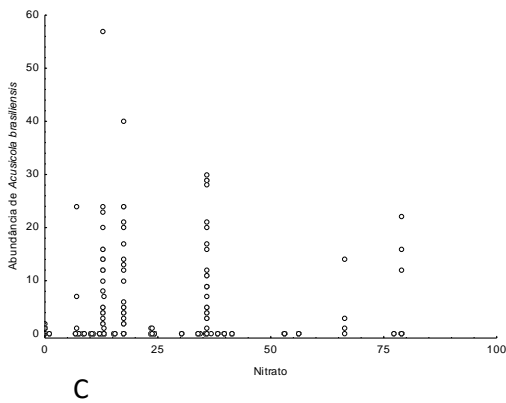
Fig 5.: (A) Relação entre riqueza de espécies de parasitos de peixes e sólidos totais dissolvidos. (B) Relação entre Riqueza e Nitrito. (C) Relação entre Riqueza e Clorofila-A.



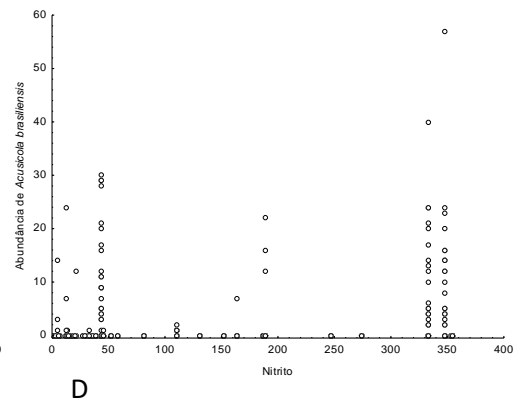
A



B



C



D

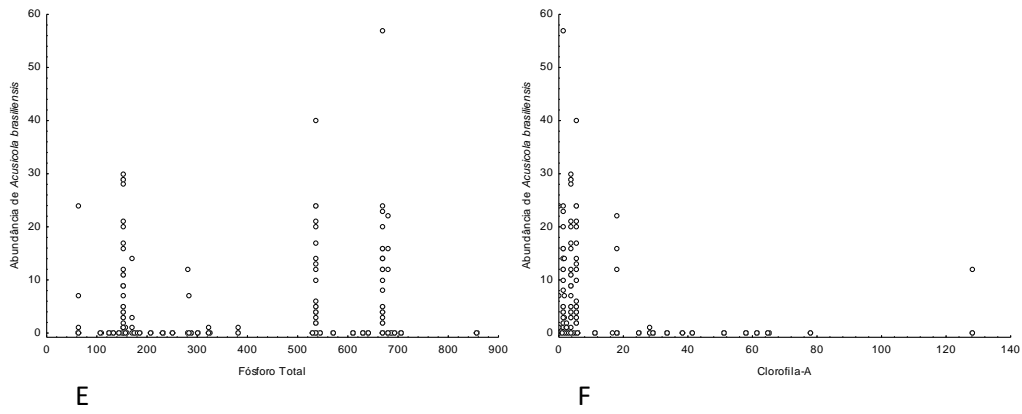


Fig. 6.: (A) Relação *Acusicola brasiliensis* e Sólidos Totais Dissolvidos (tds); (B) Relação *Acusicola brasiliensis* e Turbidez; (C) Relação *Acusicola brasiliensis* e Nitrato; (D) Relação *Acusicola brasiliensis* e Nitrito. (E) Relação *Acusicola brasiliensis* e Fósforo total e (H) Relação *Acusicola brasiliensis* e Clorofila A.

4. Discussão

Parasitos de peixes são susceptíveis a fatores intrínsecos (relativos ao hospedeiro) e extrínsecos (relativos ao ambiente) (Dogiel, 1961). Nos modelos construídos neste trabalho, foi possível identificar variáveis preditoras que, em conjunto, correlacionam-se significativamente com a riqueza de espécies de parasitos e a abundância do parasito *Acusicola brasiliensis* nos ambientes estudados.

Segundo a (AES/A), para 2014 os maiores índices pluviométricos foram concentrados nos meses de março, abril e junho, possivelmente aumentando o aporte recebido de água pela chuva, O que pode ter influenciado alguns estágios ontogenéticos dos parasitos, dificultando o encontro com o hospedeiro, também explicando a menor abundancia nesse período para o copépode *A. brasiliensis*.

A maioria dos hospedeiros coletados foi capturada na região de maior salinidade (*downstream*). Segundo Rogowski e Stockwel (2006), que estudaram trematódeos em regiões de variação de salinidade, a alta salinidade é um fator determinante na redução de parasitos de peixe e, possivelmente, foi um fator limitante para riqueza parasitária. *A. januaria*, *M. curema* e *R. bahiensis*, uma vez que não são residentes estuarinos (Carvalho et al., 2007; Silva et al., 2007 e Bolzan et al., 2014), suportam a variação de salinidade para utilizar a área dos estuários. Este fator, unido com o período no qual os hospedeiros foram capturados, possivelmente influenciou na riqueza parasitária dos mesmos, tendo em vista que assim como seus hospedeiros, os parasitos teriam que suportar a variação de salinidade diária (Williams, 1998). *Atherinella brasiliensis*, por ser residente estuarino, pode sofrer os efeitos de acúmulo de parasitas, uma vez que passam todo seu ciclo de vida no estuário (Pessanha et al., 2000).

Segundo Poulin et al. (2011), o tamanho do hospedeiro é um fator importante para determinar a riqueza parasitária, um vez que pela maior superfície, maior o espaço para se adquirir novos parasitas, bem como maior espaço para acumulação. O copépode *A. brasiliensis* apresentou relação

significativa com o tamanho do hospedeiro. Os peixes parasitados apresentaram uma média de tamanho maior que o do total da amostra, 8,75 cm e 5,44 cm, respectivamente. Ainda assim, estas tem o valor menor que o máximo tamanho já registrado, 16 cm (Cervigòn, 1992). O fator de condição para os peixes é uma medida ou um indicador quantitativo do bem-estar (Vazzoler, 1996) e pode servir para mensurar o estado de saúde do animal e a carga parasitária do mesmo (Brasil Sato e Pavanelli, 1999; Lizama et al., 2006). Já, o fator de condição relativo, que utiliza em seu cálculo o peso esperado e o peso observado, reduzindo assim os efeitos da alocação de energia para reprodução ou de maturação das gônadas, essa relação tem o valor igual a um (1) nas condições normais (Le Cren, 1951). Qualquer alteração, nesta relação, é observada nesse cálculo. Alterações no fator de condição podem ser consequência tanto de parasitismo quanto por possíveis perturbações no meio ambiente. Possivelmente danos no habitat tenha sido o fator que determinou a abundância parasitária de *A. brasiliensis* nos estuários.

Os parâmetros, TDS, nitrato, nitrito, oxigênio dissolvido, ortofosfato e clorofila-A, acima do limite permitido pelo CONAMA, indicam eutrofização e/ou ambientes afetados por impactos antrópicos, como foi observado para ambos os estuários. Os parâmetros que influenciaram a riqueza ao longo dos dois estuários foram: sólidos totais dissolvidos, nitrato e clorofila-A. Sólidos totais dissolvidos (TDS) são partículas orgânicas e inorgânicas contidas em meio líquido, podendo ser indicador de qualidade de água, pois avalia o peso total dos minerais presentes nela (Cuz, 2014). O Nitrato é formado quando o nitrogênio, muitas vezes da amônia, entra em contato com a água oxigenada (Baird e Cann, 2011). Por outro lado, altos índices dessa substância são encontrados quando a água está exposta a fertilizantes, esterco animal, esgoto e plantas em decomposição (Cruz, 2014). A clorofila-A normalmente está ligada a processos de eutrofização, por meio de liberação de compostos oriundos da fotossíntese de bactérias e algas (Sarvala *et al.*, 1998). Unidos, esses indicadores de qualidade de água, podem explicar a riqueza encontradas nos estuários estudados, já que são danosos a saúde do hospedeiro e conseqüentemente podem afetar a riqueza parasitária (Lewis e Hoole, 2003).

Para *Acusicola brasilienses*, bem como sólidos totais dissolvidos, nitrato e clorofila-a, os parâmetros que também obtiveram relação significativa com o copépode foram: turbidez, fósforo total e nitrito. O fósforo e o nitrogênio podem ser considerados os principais responsáveis pela produtividade primária e pela eutrofização do ambiente aquático (Lizama et al, 2007). Segundo Sirois e Dodson (2000), a turbidez influencia os estados de vida livre na água, dificultando o trânsito normal de larvas e zooplânctons. Esses parâmetros em conjunto podem indicar ambientes que estão em estado de eutrofização (Madi e Ueda, 2009), foram determinantes para abundância de *A. brasiliensis*, que possivelmente, por ser ectoparasita e estar em contato direto com a água, bem como seus hospedeiros, suportaria esse aporte de nutrientes da água. No hospedeiro residente, *Atherinella brasiliensis*, sua abundância foi significativamente maior do que em *Anchoa januaria*. Esse fato pode estar ligado à adaptação dos parasitos ao ambiente no qual o hospedeiro passa um estágio da vida em relação a um hospedeiro que passa todo seu ciclo de vida nos estuários.

A Agência de Controle Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency – USEPA) recomenda a utilização de bioindicadores como complemento às informações sobre a qualidade das águas. Estudos como esse ainda são escassos em se tratando de ambientes estuarinos, a fim de entender a riqueza de sua fauna parasitária como possível indicador de qualidade de água. Foi possível avaliar que tanto a riqueza parasitária quanto a abundância do parasito *Acusicola brasiliensis* estão ligados aos parâmetros que inferem diretamente na poluição de corpos hídricos, tendo sua biomassa afetada por estes.

5. Referências

- Adams, S.M., Greeley, M.S. 2000. Ecotoxicological indicators of water quality: using multiresponse indicators to assess the health of aquatic ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*. 123, 103–115.
- AESA – Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba. Chuvas acumuladas no ano no município de Rio Tinto–PB de 01/01/2011 a 31/10/2011. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=1&pagerPage=4>>. Acesso em 11 jan 2016.
- APHA, AWWA e WPCF., 2005. Standard methods for the examination of waster and wasterwater. Washington. Impresso Estados Unidos.
- Baird, C. e Cann, M. 2011. Química Ambiental. Universidade de Western Ontario, Impresso Estados Unidos.
- Billiard, S.M., Khan, R.A., 2003. Chronic stress in cunner, *Tautoglabrus adspersus*, exposed to municipal and industrial effluents. *Ecotoxicology Environment Safe*. 55, 9-18.
- Bolzan, M.S., Andrades, R., Spach, H.L. e Silva M.H. 2014. Range extension of *Rhinosardinia bahiensis* (Steindachner, 1879) in the southwestern Atlantic: The role of shallow estuarine waters in seasonal recruitment. 9, 320-323.
- Brasil-Sato, M.C., Pavanelli, G.C., 1999. Ecological and reproductive aspects of *Neoechinorhynchus pimelodi* (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) of

Pimelodus maculatus Lacépède (Siluroidei, Pimelodidae) of the São Francisco River, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 16, 73-82.

Bray, R.A., Gibson, D.I., Jones, A., 2001. Keys to the trematode. Natural History Museum. Impresso Estados Unidos.

Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M. e Shostak A.W., 1997 Parasitology meet ecology on its own terms: Margolis et al. revised. *Jornal of Parasitology*. 83, 575-583.

Carvalho, C.D., Corneta, C.M., Uieda, V.S., 2007. Schooling behavior of *Mugil curema* (Perciformes: Mugilidae) in an estuary in southeastern Brazil. 5, 81-83.

Catalano, S.R., Whittington, I. D., Donellan S. C., Gillanders, B.M., 2014. Parasites as a biological tags to assess host population structure: guidelines, recent genetic advances and comments on a hilistic approach. 3, 220-226.

CERHPB – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. 2004. Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. João Pessoa.

Cervigón, F., R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina and B. Rodriguez, 1992. Fichas de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Comisión de Comunidades Europeas y de NORAD. Impresso Itália.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução No 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705>. Acesso em 5 jan 2016.

Cruz, H.M. 2014. Análises Microbiológicas e Físico-Químicas - Conceitos Para Gestão Ambiental. Editora Erika, Impresso Brasil.

Dogiel, V.A. 1961. Ecology of the parasites of freshwater fishes. *Parasitology of fishes*. 5, 1-4.

Eiras, J.C., Takemoto, R.M., Pavanelli, G.C., 2006. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. Impresso Brasil.

Gualberto, L.A., 1997. Diagnóstico preliminar das condições ambientais do Estado da Paraíba. Conselho Estadual de Controle de Poluição das Águas CAGEPA-PB. 14: 95-103.

Harrison, I.J., 1995. Mugilidae. Lisas. Guia para Identification de Especies para lo Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. Impresso Itália.

Jeney, Z., Valtonen, E.T., Jeney, G. e Jokinen E.I., 2002. Effects of pulp and paper mill effluent (BKME) on physiological parameters of roach (*Rutilus rutilus* L.) infected by the digenean *Rhipidocotyle fennica*. *Folia Parasitology*. 49, 103–108.

Landsberg, J.H., Blakesley B.A., Reese, R.O., Mcrae, G., Forstchen, P.R. 1998 Parasites of fish as indicators of environmental stress. *Environmental Monitoring and Assessment*. 51, 211-232.

Lafferty, K.D., Kuris, A.M., 1999. How environmental stress affects the impacts of parasites. *Limnology. Oceanographic.* 4, 925-931.

Lafferty, K.D., 1997. Environmental parasitology: What can parasites tell us about human impacts on the environment? *Parasitology Today.* 13, 251-530.

Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Animal. Ecology.* 20, 20-19.

Lewis, J. e Hoole, D., 2003. Parasitism and environmental pollution parasites and hosts as indicators of water quality. *Symposia of British society for parasitology.* 39, 21-23.

Lizama, M.A.P., Takemoto, R.M. e Pavenelli, GC., 2006. Influence of the seasonal and environmental patterns and host reproduction on the metazoan parasites of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Prochilodontidae) of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology.* 49, 611-620.

Lizama, M.A.P., Takemoto, R.M, Ranzani-Paiva, M.J., Ayroza, L.M.S. e Pavenelli, GC., 2007. Relação parasito--hospedeiro em peixes de pisciculturas da região de Assis, Estado de São Paulo, Brasil 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Acta Scientiarum.* 29, 223-231.

Lorenzen, C. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography.* 12, 343-346.

- Machado, M.R. 1999. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. *Ciênc. Biol. Saúde*. 1, 63-76.
- Madi, R., Ueda, R.M.T., 2009. O papel de Ancyrocephalinae (Monogenea: Dactylogyridae), parasito de *Geophagus brasiliensis* (Pisces: Cichlidae), como indicador ambiental. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. 18, 38-41.
- Marcelino, E.V., Rudorff, F.M., Marcelino, I.P.V.O., Goerl, R.F., Kobiyama, M. 2005. Impacto do Furacão Catarina sobre a Região Sul Catarinense: monitoramento e avaliação pósdesastre. *Geografia*. 30, 559-582.
- Marcogliesi, D.J., 2005. Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health?. *International Journal Parasitology*. 35, 1605-1600.
- Marcogliese D.J., Cone D.K., 1997 Food webs: a plea for parasites. *Trends Ecology and Evolution*. 12, 320–325.
- Moravec, F., 1998. Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region. Academia Praha. Impresso Republica Czech.
- Nishida A.K., 2000. Catadores de moluscos do litoral paraibano. Estratégias de subsistência e formas de percepção da natureza. Tese de Doutorado. São Paulo: São Paulo. 143p.
- Palm, H. and Dobberstein, R.C., 1999. Occurrence of trichodinid ciliates (Peritricha: Urceolariidae) in the Kiel Fjord, Baltic Sea, and its possible use as a biological indicator. *Parasitol. Res.* 85, 726–732.

- Paludo D e Klonowski VS. 1999. Barra de Mamanguape–PB: Estudo do impacto do uso de madeira de manguezal pela população extrativista e da possibilidade de reflorestamento e manejo dos recursos madeireiros. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. 4: 34-54.
- Poulin, R., Paterson, R.A., C. R. Townsend, C.R., D. M. Tompkins, D.M., e Kell, D.W., 2011. Biological invasions and the dynamics of endemic diseases in freshwater ecosystems. 56, 676–688.
- Sarvala, J., Ventelä, A.M., Helminen, H., Hirvonen, A., Saarikari, V., Salonen, S. e Vuorio, K. 1998. Relations between planktivorous fish abundance, zooplankton and phytoplankton in three lakes of differing productivity. *Hydrobiologia*, 363, 81–95.
- Silva, D.S., Santos, J.N.S, Castro, R.N, Vasconcellos, R.M e Araujo, F.G. 2007. The behaviour reproductive of the *Anchoa januaria* (*Actinopterygii*, *Engraulidae*) in a tropical bay in southeastern Brazil. *Acta scientiarum*. 23, 56-59.
- Sirois,P., Dodson, J.J. 2000. The influence of turbidity, food density and parasites on the ingestion and growth of larval rainbow smelt (*Osmerus mordax*) in an estuarine turbidity maximum. *Marine Ecology*.193, 167–179.
- Strickland, J.D.H. e Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis, *Bulletin Fisheries Research Board of Canada* 167, 311p.
- Sures, B., 2004 Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in Parasitology*. 20, 170-177.
- Tatcher, V.E., 1991. Amazon fish parasites. *Amazoniana*. 11, 263-572.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). On line site: <

<http://www.epa.org>. >. Acessoem 11 jan 2016.

Vazzoler, A.E.A.M., 1996. *Biologia e reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá, Editora da Universidade Estadual de Maringá. Impresso no Brasil.

Watanabe, Y., Abe, K. e Kusakabe, M.,1994. Characteristics of the nutrients distribution in the East China Sea. *Sapporo*. 43, 54–60.

Whitehead, P.J.P., Nelson, G.J. e Wongratana, T., 1988. *Species Catalogue. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings*. *Fisheries. Synopsis*. 125, 305-579.

Williams, W.D., 1998 Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*. 381, 191-201.