

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
INSTITUTO DE PESCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA**

**Metabolismo de rotina e comportamento natatório do lambari *Astyanax bimaculatus* submetidos a diferentes salinidades**

**Júlia Schulz Carneiro**

**Orientador: Dr. Marcelo Barbosa Henriques**

**Co-orientador: Dr. Edison Barbieri**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA – SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

SÃO PAULO

JULHO – 2019


**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**  
**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO**  
**AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS**  
**INSTITUTO DE PESCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA**

**Metabolismo de rotina e comportamento natatório do lambari *Astyanax bimaculatus* submetidos a diferentes salinidades**

**Júlia Schulz Carneiro**

**Orientador: Dr. Marcelo Barbosa Henriques**

**Co-orientador: Dr. Edison Barbieri**



Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA – SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

SÃO PAULO

JULHO – 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

M389p

Carneiro, Julia Schulz  
Metabolismo de rotina e comportamento natatório do lambari  
*Astyanax bimaculatus* submetidos a diferentes salinidades /  
Júlia Schulz Carneiro – São Paulo, 2019.  
iii, 39f., ; il.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Instituto de Pesca, Secretaria de  
Agricultura e Abastecimento – Agência Paulista de Tecnologia dos  
Agronegócios.

Orientador: Marcelo Barbosa Henriques

1. Consumo de oxigênio. 2. Excreção de amônia. 3. Pesca esportiva.  
4. Characidae. 5. Isca viva. I. Henriques, Marcelo Barbosa. II. Título.

CDD 639.3

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

"METABOLISMO DE ROTINA E COMPORTAMENTO NATATÓRIO  
DO LAMBARI *Astyanax bimaculatus* SUBMETIDOS A  
DIFERENTES SALINIDADES"


**AUTOR:** Julia Schulz Carneiro

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

Aprovada como parte das exigências para obtenção do título de  
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em  
Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques



Profª. Drª. Cristiane Angélica Ottoni



Prof. Dr. Leonardo Castilho de Barros

Data da realização: 05 de agosto de 2019



Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques



*"I always get to where I'm going by walking away  
from where I have been" - Pooh*

## **AGRADECIMENTOS**

A FAPESP e a APTA por possibilitarem a realização dessa pesquisa e dissertação.

A CAPES por conceder a bolsa de mestrado.

Aos meus orientadores Dr. Marcelo Barbosa Henriques e Dr. Edison Barbieri pelas orientações, acompanhamentos e correções durante todo o período da pesquisa.

A Dra. Karina Rezende por ajudar a desenvolver meus resultados e experimentos em laboratório.

Ao professor Dr. Eduardo Sanches por disponibilizar o laboratório de Ubatuba e os lambaris para que meu experimento fosse finalizado.

A Dra. Vanessa Kuhnen pela participação no desenvolvimento estatístico do trabalho.

Ao pesquisador Msc. Oscar Barreto pela atenção e apoio que me deu ao longo do mestrado.

Aos alunos e amigos do Instituto de Pesca: Vanderson Natale Dias, Nicolas Ripari, Carolina Graciano, Cristina Viriato.

Aos estagiários Genésio Lopes e Rodrigo Pietro pela companhia e auxílio nos experimentos.

Ao Walmir Grimaldi, Regina Schulz, Brunno Donatelli, Silvio Donatelli e Isna Donatelli pelo apoio, carinho, atenção e força desde o início do mestrado para que tudo desse certo.

E finalmente, a minha mãe Luiza Schulz porque simplesmente devo a minha vida toda a ela.



## SUMÁRIO

EPÍGRAFE	i
AGRADECIMENTOS	ii
SUMÁRIO	iii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	5
CAPÍTULO 1	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL E MÉTODOS	17
RESULTADOS	19
DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	26
CONSIDERAÇÕES FINAIS	30

## INTRODUÇÃO GERAL

Lambari é o nome popular de peixes taxonomicamente inseridos na Classe Actinopterygii, ordem Characiformes, família Characidae (Garutti, 1999). A ordem Characiformes representa um grupo de peixes ósseos exclusivamente dulcícolas com 24 famílias, 270 gêneros e mais de 1800 espécies (Eschmeyer, 2019). A diversidade morfológica sutil dificulta a certeza da classificação dos indivíduos dessa ordem sendo necessário avanço nos estudos de taxonomia para estabelecimento de relações filogenéticas (Buckup et al., 2007).

A família Characidae possui grande representatividade, contempla 165 gêneros com mais de 1182 espécies (Guimarães et al., 2018; Eschmeyer, 2019). Por essa diversidade, acredita-se que há muito mais espécies dessa família a serem descobertas (Mirande, 2018). Os peixes inseridos nessa família são comumente utilizados na aquicultura e pesca, com destaque para pacu, tambaqui, piranhas, dourados e lambaris (Buckup et al., 2007; Oliveira et al., 2011). Dos gêneros de lambaris descritos, destaca-se o *Astyanax* (Fonseca, 2017).

O gênero *Astyanax* inclui peixes de pequeno porte (até 200 mm), apresenta alta distribuição geográfica na América, desde o sul da Argentina até algumas regiões dos Estados Unidos, sendo facilmente encontradas no Brasil (Garutti e Britski, 1997; Garutti, 1999; Valladão et al., 2016). É conhecido por possuir ciclo de reprodução curto, crescimento rápido, geralmente de três meses para atingir o tamanho comercial; e maturidade sexual por volta dos quatro meses de idade (Cotan et al., 2006). Os lambaris são objetos de estudo com várias abordagens: influências antropológicas no ambiente com sucesso reprodutivo, dispersão, relações filogenéticas, padrões genéticos, hábitos alimentares (Andrian et al., 2001; Hausdorf et al., 2011; Prado et al., 2011; Peres et al., 2011; Martinez et al., 2012).

Uma das mais recentes revisões sobre a espécie *Astyanax bimaculatus* foi publicada por Lucena e Soares (2016). Os autores afirmam que, devido à diversidade, o lambari *A. bimaculatus* não se restringe a apenas uma única espécie, mas sim um grupo com subespécies. Os autores não somente reescreveram seis espécies das drenagens do Rio Prata e São Francisco como também abordaram uma descrição histórica desse lambari: o gênero foi identificado por Linnaeus em 1758, validado por Baird e Girard em 1857, descrito por Eigenmann (1921) e revisto diversas vezes principalmente por Garutti e Britski (1997), Garutti (1999; 2003) e Garutti e Langeani (2009) pela diversidade de espécies encontradas. Garutti e Britski (1997) definiram que os lambaris dessa espécie apresentam um pedúnculo caudal escuro horizontalmente ovalado e duas barras verticais escuras na região umeral.

O lambari *A. bimaculatus* (Figura 1), objeto do presente estudo, possui hábito alimentar onívoro. Andrian et al. (2001) estudaram o conteúdo estomacal de *A. bimaculatus* em dois reservatórios e encontraram restos vegetais, matéria orgânica, frutos, algas filamentosas, sedimento, macro invertebrados bentônicos. Os autores observaram que lambaris de menor porte tendem a ser insetívoros enquanto os de maior porte herbívoros. O lambari faz parte também da dieta de outros peixes carnívoros representando uma conexão com níveis tróficos superiores com predadores aquáticos e terrestres (Vilella et al., 2002).



Figura 1 - Lambari *A. bimaculatus*. Fonte: foto Júlia Carneiro.

Os lambaris podem ser servidos como petisco em bares e restaurantes e, por possuir pequeno tamanho, é de fácil preparo sendo possível consumi-lo inteiro (Valladão, 2016). Silva et al. (2011) realizaram uma pesquisa de mercado na Baixada Santista, estado de São Paulo, com o lambari *D. iguape* e verificaram que a população entrevistada aceita bem o lambari. Os autores afirmam que seu consumo para petisco pode ser comparado ao peixe marinho também de pequeno porte, a manjuba (*Anchoviella* sp.), espécie proveniente da pesca que passa por período de defeso. Além disso, o lambari apresenta potencial para o uso como isca viva para a pesca esportiva por atrair peixes carnívoros como o robalo, tucunaré e corvina (Hayashi et al., 2004; Silva et al., 2011; Henriques et al., 2018). Garutti (2003) também afirma que o lambari é usado como peixe ornamental e seu óleo pode ser extraído para consumo.

### Piscicultura do lambari

O lambari tem recebido certa popularidade entre os consumidores de pescados. Esse peixe já foi considerado invasor e prejudicial para sistemas de produção, porém tem recebido atenção como produto potencial para piscicultura de pequena escala (Fonseca et al., 2017). Seu tamanho e peso comercial atingem, respectivamente, até 15cm e 10g por ciclo, podendo produzir de 3 a 4 ciclos por ano (Abimorad e Castellani, 2011; Jatobá e Silva, 2014).

Silva et al. (2011), caracterizam cinco sistemas de produção do lambari no estado de São Paulo, detalhando reprodução, alevinagem, engorda e comercialização do lambari *D. iguape*. Weber et al. (2012) estudaram o desenvolvimento de embriões da mesma espécie submetido a reprodução artificial. Vilela e Hayashi (2001) estudaram o desenvolvimento de juvenis da espécie com a influência da densidade de estocagem em tanques-rede. Hayashi et al. (2004) determinaram que a frequência de arraçoamento ideal de alevinos de *A. bimaculatus* por 30 dias seria de quatro vezes ao dia na temperatura de 25,5°C. Jatobá (2018), avaliou o desempenho da produção do *A. bimaculatus* com diferentes taxas de frequência alimentar. Os autores afirmam que apresentaram melhores dados zootécnicos foram os alimentados diariamente com 4,0 e 5,5% da biomassa. Cotan et al. (2006), analisaram os níveis de energia digestível em função da proteína bruta da ração para *A. bimaculatus* e, concluíram que exigência para alevinos de lambari é de 2.900 kcal kg<sup>-1</sup> para rações com 32 a 38% proteína. Navarro et al. (2014) verificaram o efeito do fotoperíodo na atividade locomotora e níveis de cortisol e glicose de fêmeas de *A. bimaculatus* focando no possível estresse causado por iluminação na piscicultura e concluíram que longos períodos de iluminação causam estresse nas fêmeas no sistema de produção.

### Pesca esportiva com lambari como isca viva

Isca viva geralmente são provenientes da pesca (Zeineddine et al., 2015). O uso de lambari como isca viva tende a suprir a demanda de pescadores esportivos ainda predominantemente para a pesca de água doce (Garutti, 2003). Em relação a pesca esportiva em áreas estuarinas e marinhas, poucas espécies são usadas como isca viva, sendo a mais utilizada o camarão branco (*Litopenaeus schimitti*) (Tsuruda et al., 2013; Valladão, 2016). A sobrepesca afetou o estoque de *L. schimitti*, capturados ainda na fase de juvenil nas regiões estuarinas do estado de São Paulo para utilização como isca viva (Tsuruda et al., 2013; Barros et al., 2014). Além disso, o aumento do turismo colabora na redução de estoques naturais

através de outras atividades antrópicas como poluição na água e alteração do habitat natural (Arlinghaus et al., 2016).

Como alternativa, espécies de água doce como tilápias (*Oreochromis niloticus*) foram testadas para possível utilização como isca-viva para pesca marinha estuarina por ser uma espécie que apresenta resistência em água salgada (Júnior et al., 2010; Bosisio et al., 2017). Porém, o comércio de tilápias como isca incentiva a introdução dessa espécie alóctone em regiões litorâneas causando mudanças ecológicas (Deacon et al., 2011). Com isso, é importante buscar a valorização das espécies nativas como o lambari, pois não ocorre risco de impactos no ecossistema caso haja escape da isca. Henriques et al. (2018) testaram com sucesso a utilização do lambari da Mata Atlântica *Deuterodon iguape* como alternativa de isca viva para a pesca esportiva do robalo.

O robalo é uma espécie carnívora encontrada em regiões estuarinas e costeiras, é capturado por diferentes técnicas de pesca, preferencialmente com iscas vivas usadas pelos pescadores esportivos (Tatsuruda et al., 2013). Muitas vezes, as iscas são mantidas em tanques e transportadas sem manejo adequado, causando estresse, e alta mortalidade, ocasionando perda de tempo e dinheiro para pescadores artesanais (Henriques et al., 2018). O fornecimento de iscas vivas para essa atividade também é visto como nova alternativa de geração de renda para pescadores artesanais inclusive no ápice do verão, período de férias que aumenta o turismo da pesca (Silva et al., 2011; Henriques et al., 2018).

Com a relevância econômica e ambiental que o lambari *A. bimaculatus* apresenta, o presente estudo propôs testar a sobrevivência da espécie em diferentes salinidades, investigando seu comportamento e metabolismo de rotina para possivelmente ser utilizado como isca viva alternativa para a pesca esportiva estuarina.

#### Metabolismo de Rotina do Lambari

Para considerar o lambari *A. bimaculatus* como uma possível isca viva na pesca estuarina, é necessário avaliar sua resistência em águas oligohalinas. Sendo um peixe exclusivamente de água doce, a variação de salinidade pode alterar seu metabolismo (Barbieri et al., 2019).

O metabolismo de rotina é válido para testar a toxicidade de compostos nos organismos, indica a quantidade de energia gasta pelos organismos e a taxa metabólica é fundamental para manter o equilíbrio das funções vitais dos peixes (Ferreira et al., 2011; Barbieri et al., 2018). É abordado em estudos envolvendo peixes em toxicidade de amônia,

salinidade, densidade de estocagem, nanopartículas de dióxido de titânio, carbofurano, chumbo, cádmio (Uliano et al., 2010; Szczepkowski et al. 2011; Doi et al., 2012; Damato e Barbieri, 2011; Rezende et al., 2018; Barbieri, 2019a; Barbieri et al., 2019b). Os testes de metabolismo de rotina feitos em laboratório colaboram para diminuir a influência ambiental podendo abordar duas análises nos testes: consumo de oxigênio e excreção de amônia (Barbieri, 2007).

O nitrogênio pode ser tóxico quando em solução aquosa e aparece nas formas não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) e ionizada ( $\text{NH}_4$ ) (Barbieri et al., 2019a\*). É o principal produto de excreção dos peixes e é proveniente do catabolismo de proteínas da alimentação (Ismiño-Orbe et al., 2003). A concentração de amônia presente na água depende do pH, salinidade e temperatura. Caso haja alterações nas condições consideradas normais, os peixes podem ter seu metabolismo alterado e isso pode causar mudanças na taxa de excreção de amônia (Medeiros et al., 2016; Barbieri et al., 2019b).

O excesso de amônia pode afetar o transporte de oxigênio no organismo que pode levar a lesão dos tecidos das brânquias (Damato e Barbieri, 2011). Com isso, a análise do consumo de oxigênio é fundamental para saber seu gasto diário de energia e é relacionada com a oxidação do alimento que é digerido pelos peixes (Doi et al., 2012).

O objetivo desse trabalho foi testar a resistência do lambari *Astyanax bimaculatus* em diferentes salinidades, visando a valorização das espécies nativas brasileiras para, no futuro, serem consideradas como isca viva na pesca esportiva. Além disso, a produção dessa espécie como isca aumentaria sua visibilidade na lambaricultura e reduziria a demanda por camarão branco cujo estoque é sobreprezado para essa finalidade (Henriques et al., 2018).

## REFERÊNCIAS

- Abimorad, E.G.; Castellani, D. 2011. Exigências Nutricionais de Aminoácidos para o Lambarido-Rabo amarelo Baseadas na Composição da Carcaça e do Músculo. Boletim do Instituto de Pesca, 37(1): 31-38.
- Andrian, I.F.; Silva, H.B.R.S.; Peretti, D. 2001. Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. Acta Scientiarum, 23(2):435-440.

- Arlinghaus, R.; Cooke, S.J.; Sutton, S.G.; Danylchuk, A.J.; Potts, W.; Freire, K.M.; Alós, J.; Silva, E.T.; Cowx, I.G. 2016. Recommendations for the future of recreational fisheries to prepare the social-ecological system to cope with change. *Fisheries Management and Ecology*, 23(3): 177-186.
- Barbieri, E. 2007. Use of metabolism and swimming activity to evaluate the sublethal toxicity of surfactant (LAS-C12) on *Mugil platanus*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*; 50 (1): 101-112.
- Barbieri, E.; Paes, E.T. 2011. The use of oxygen consumption and ammonium excretion to evaluate the toxicity of cadmium on *Farfantepenaeus paulensis* with respect to salinity. *Chemosphere*, 84 (2011): 9-16.
- Barbieri, E.; Lenz, R. M.; Nascimento, A.A.; Almeida, G.L.; Roselli, L.Y.; Henriques, M.B. 2019a. Lethal and sublethal effects of ammonia in *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907) potential species for Brazilian aquaculture. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(1): e440.
- Barbieri, E.; Rezende, K.F.O.; Carneiro, J.S.; Henriques, M.B. 2019b. Metabolic and Histological Alterations After Exposing *Deuterodon iguape* to Different Salinities. *Boletim do Instituto de Pesca*. 45(2): e.410.
- Barros, L.C.; Alves, P.M.F.; Silva, N.J.R.; Henriques, M.B. 2014. Cadeia Produtiva do Camarão Branco Utilizado Como Isca Viva na Pesca Amadora da Baixada Santista, Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 44(6): 23-36.
- Buckup, P. A.; Menezes, N.A.; Ghazzi, M.S. 2007. Catálogo das Espécies de Peixes de Água Doce do Brasil. Museu Nacional do Rio de Janeiro, p 44.
- Cotan, J.L.V.; Lanna, E.A.T.; Bomfim, M.A.D.; Donzele, J.L.; Ribeiro, F.B.; Serafini, M.A. 2006. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3): 634-640.

- Deacon, A.E.; Ramnarine, I.W.; Magurran, A.E. 2011. How reproductive ecology contributes to the spread of a globally invasive fish. *PLoS ONE*, 6(9): 2441-2446.
- Doi, S.A.; Collaço, F.L.; Sturaro, L.G.R.; Barbieri, E. 2012. Efeito do chumbo em nível de oxigênio e amônia no camarão rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) em relação a salinidade. *O Mundo da Saúde, São Paulo*. 36(4):594-601.
- Eigenmann, C.H. 1921. The American Characidae. Part 3. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology*, 43: 208-310.
- Eschmeyer, W.N. 2019. Species by family/ subfamily in the Catalog of Fishes. [Electronic version]. San Francisco (CA): California Academy of Sciences. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>.
- Fang, L.; Bai, X.; Liang, X.; He, S.; Guo, X.; Li, L.; Li, B.; Shen, D.; Tao, Y. 2017. Ammonia nitrogen excretion in Mandarin Fish (*Siniperca chautsi*) and Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fed practical diets: the effects of water temperature. *Aquaculture Research*, 48: 836-843.
- Fonseca, T.; Costa-Pierce, B.A.; Valenti, W.C. 2017. Lambari Aquaculture as a Means for the Sustainable Development of Rural Communities in Brazil. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25(4): 1-15.
- Garutti, V.; Britski, H. 1997. Descrição de uma nova espécie de *Astyanax* (Teleostei, Characidae) com mancha umeral horizontalmente ovalada, da bacia do Rio Guaporé, Amazônia. *Papéis avulsos de Zoologia*, 40(14): 217-229.
- Garutti, V. 1999. Descrição de *Astyanax argyrimarginatus* sp. n. (Characiformes, Characidae) Procedente Da Bacia Do Rio Araguaia, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(4): 585-591.
- Garutti, V. 2003. *Piscicultura ecológica*. Editora UNESP. 1ª ed. 17-35p.



- Garutti, V.; Langeani, F. 2009. Redescription of *Astyanax goyacensis* Eigenmann, 1908 (Ostariophysi: Characiformes: Characidae). *Neotropical Ichthyology*, 7(3): 371-376.
- Guimarães, E.C.; De Britto, P.S.; Ferreira, B.R.A.; Ottoni, F.P. 2018. A new species of *Charax* (Ostariophysi, Characiformes, Characidae) from northeastern Brazil. *Zoosystematics Evolution*, 94(1): 83-93.
- Hausdorf, B.; Wilkens, H.; Strecker, U. 2011. Population genetic patterns revealed by microsatellite data challenges the mitochondrial DNA based taxonomy of *Astyanax* in Mexico (Characidae, Teleostei). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 60(1): 89-97.
- Hayashi, C.; Meurer, F.; Boscolo, W.R.; Lacerda, C.H.F.; Kavata, L.C.B. 2004. Frequência de Arraçoamento para Alevinos de Lambari do Rabo-Amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1): 21-26.
- Henriques, M.B.; Fagundes, L.; Petesse, M.L.; Silva, N.J.R.; Rezende, K.F.O.; Barbieri, E. 2018. Lambari fish *Deuterodon iguape* as an alternative to live bait for estuarine recreational fishing. *Fisheries Management and Ecology*, 25(5): 400-407.
- Jatobá, A.; Silva, B.C. 2014. Densidade de estocagem na produção de juvenis de duas espécies de lambaris em sistema de recirculação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(5): 1469-1474.
- Jatobá, A. 2018. Viabilidade de diferentes taxas de alimentação para o cultivo de *Astyanax bimaculatus*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(3): 450-453.
- Júnior, H.A.; Sato, G.; Strefling, L.; Vahrlich, R.; Hoinkes, R.; Tebaldi, P.C. 2010. Aclimação do híbrido da tilápia vermelha *Oreochromis niloticus* sp. e utilização em ambientes marinhos como isca viva para a pesca de tunídeos. *Revista de Veterinária*, 11(3): 1-16.

- Lucena, C.A.S.; Soares, H.G. 2016. Review of species of the *Astyanax bimaculatus* "caudal peduncle spot" subgroup sensu Garutti & Langeani (Characiformes, Characidae) from the rio La Plata and rio São Francisco drainages and coastal systems of southern Brazil and Uruguay. *Zootaxa*, 4072(1): 101-125.
- Martinez, E.R.M.; Alves, A.L.; Silveira, S.M.; Foresti, F.; Oliveira, C. 2012. Cytogenetic analysis in the *incertae sedis* species *Astyanax altiparanae* Garutti and Britzki, 2000 and *Hyphessobrycon eques* Steindachner, 1882 (Characiformes, Characidae) from the upper Paraná river basin. *Comparative cytogenetics*, 6(1): 41-51.
- Medeiros, R.S.; Lopez, B.A.; Sampaio, L.A.; Romano, L.A.; Rodrigues, R.V. 2016. Ammonia and nitrite toxicity to false clownfish *Amphiprion ocellaris*. *Aquaculture International*. 24(4): 985-993. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-015-9965-9>.
- Mirande, J.M. 2018. Morphology, molecules and the phylogeny of Characidae (Teleostei, Characiformes). *Cladistics*: 1-19.
- Navarro, F.K.S.P.; Navarro, R.D.; Murgas, L.D.S; Felizardo, V.O. 2014. Efeito do fotoperíodo na avaliação do estresse e na atividade locomotora em fêmeas de lambari (*Astyanax bimaculatus*). *Ciência Agrotécnica*, 38(2): 173-180.
- Oliveira, C.; Avelino, G.S.; Abe, K.T.; Mariguela, T.C.; Benine, R.C.; Orti, G.; Vari, R.P.; Correa e Castro, R.M. 2011. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. *Evolutionary biology*, 11(275): 1-25.
- Peres, W.A.M.; Bertollo, L.A.C.; Buckup, P.A.; Blanco, D.R.; Kantek, D.L.Z.; Moreira-Filho, O. 2012. Invasion, dispersion and hybridization of fish associated to river transposition: karyotypic evidence in *Astyanax* "bimaculatus group" (Characiformes: Characidae). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22(2): 519-526.

- Prado, P.S.; Souza, C.C.S.; Bazzoli, N.; Rizzo, E. 2011. Reproductive disruption in lambari *Astyanax fasciatus* from a Southern Brazilian reservoir. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 74(7): 1879-1887.
- Silva, N.J.R.; Cornacchioni, M.L.; Fernandes, J.B.K.; Henriques, M.B. 2011. Caracterização dos Sistemas de Criação e da Cadeia Produtiva do Lambari no Estado de São Paulo, Brasil. *Informações econômicas*, 41(9): 17-28.
- Tatsuruda, J.M.; Nascimento, R.B.; Barrella, W.; Ramires, M.; Rotundo, M.M. 2013. A Pesca e o Perfil Socioeconômico dos Pescadores Esportivos na Ponta das Galhetas, Praia das Astúrias, Guarujá (SP). *Bioscience*, 2(1): 22-34.
- Uliano, E.; Cataldi, M.; Carella, F.; Migliaccio, O.; Iaccarino, D.; Agnisola, C. 2010. Effects of acute changes in salinity and temperature on routine metabolism and nitrogen excretion in gambusia (*Gambusia affinis*) and zebrafish (*Danio rerio*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 157(3): 283-290.
- Valladão, G.M.R.; Gallani, S.U.; Pilarski, F. 2016. South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 10(2): 1-19.
- Vilela, C.; Hayashi, C. 2001. Desenvolvimento de juvenis de lambari *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. *Acta Scientiarum*, 23(2): 491-496.
- Vilella, F.S.; Becker, F.G.; Hartz, S.M. 2002. Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic Forest River in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(2): 223-232.
- Weber, A.A.; Arantes, F.P.; Sato, Y.; Rizzo, E.; Bazzoli, N. 2012. Oocyte adhesiveness and embryonic development of *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Characidae). *Zygote*, 198-202.

Zeineddine, G.C.; Barella, W.; Rotundo, M.M.; Clauzet, M.; Ramires, M. 2015. Etnoecologia de pesca de camarões usados como isca viva na Barra do Una, Peruíbe (SP/Brasil). *Revista Brasileira de Zootecias*, 16: 67 - 83.

**Artigo para publicação**

**“EFEITOS DA SALINIDADE NA TAXA METABÓLICA E NO COMPORTAMENTO DO  
LAMBARI *Astyanax bimaculatus*”**

Artigo redigido nas normas do periódico científico

**Boletim do Instituto de Pesca**

Qualis B1

(Zootecnia e Recursos Pesqueiros)

Júlia Schulz CARNEIRO<sup>1</sup>, Edison BARBIERI<sup>2</sup>, Karina Rezende OLIVEIRA<sup>3</sup>, Leonardo CASTILHO-BARROS<sup>1</sup>, Marcelo Barbosa HENRIQUES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Pesca - Governo do Estado de São Paulo. Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Ponta da Praia, 11030-906, Santos (SP), Brasil. E-mail: juh\_schulz@hotmail.com (autor correspondente)

<sup>2</sup> Instituto de Pesca - Governo do Estado de São Paulo. Av. Professor Wladimir Besnard, s/n, 11990-000, Cananéia (SP), Brasil.

<sup>3</sup> Laureate International Universities. R. Quatá, 67, 04546-040, São Paulo (SP), Brasil

\*Apoio Financeiro: FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Processos 2015/24742-1 e 2018/19747-2; e CAPES/DS pela bolsa de estudo do primeiro autor.

## RESUMO

Lambari (Characidae) é um peixe de pequeno porte, fácil reprodução, abundante no Brasil e com potencial para a aquicultura, também é utilizado como bioindicador e isca-viva na pesca esportiva em águas interiores. A isca viva mais utilizada na pesca esportiva marinha e estuarina é o camarão branco (*Litopenaeus schmitti*), mas a atual demanda provocada pela sobrepesca vem acarretando a diminuição dos seus estoques naturais. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resistência do lambari do rabo amarelo *Astyanax bimaculatus* em diferentes salinidades para que, no futuro, possa ser considerado como alternativa de isca-viva em águas oligohalinas. Para tanto, determinou-se a Concentração Letal 50 (CL50), metabolismo de rotina e comportamento natatório. Para a CL50 (96h), 120 peixes foram divididos nos tratamentos: 0 (controle), 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 g L<sup>-1</sup> de salinidade. Posteriormente, os animais foram expostos nas salinidades de 0, 5 e 10 g L<sup>-1</sup> (n=10) e analisados o consumo específico de oxigênio e a excreção específica de amônia após 1 e 24 horas de exposição. O comportamento natatório foi testado com 90 lambaris, divididos em três grupos, nas mesmas salinidades (0, 5 e 10 g L<sup>-1</sup>), após o período de 2 e 45 minutos de exposição. O resultado da CL50 (96h) foi de 12,73 g L<sup>-1</sup>. A excreção específica de amônia ( $p=0,8$ ) e o consumo específico de oxigênio ( $p=0,09$ ) não apresentaram diferença significativa em 24 horas para as salinidades testadas. A excreção específica de amônia apresentou diferença no tempo de exposição de 1 hora na salinidade 10 g L<sup>-1</sup> em relação ao controle ( $p=0,0003$ ). O mesmo ocorreu para o consumo específico de oxigênio apresentando diferença também, em 1 hora de

exposição. Comparando-se o controle aos tratamentos com as outras salinidades, constatou-se diferença estatística ( $p = 0,02$  para  $5 \text{ g L}^{-1}$  e  $0,006$  para  $10 \text{ g L}^{-1}$ ). A aceleração da natação do lambari foi reduzida e apresentou diferença significativa em 45 minutos de exposição ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle. O lambari *A. bimaculatus* apresentou resistência a salinidade em águas até  $10 \text{ g L}^{-1}$  podendo ser considerado como alternativa de isca viva para pesca esportiva em regiões estuarinas.

**Palavras-chave:** consumo específico de oxigênio; excreção específica de amônia; pesca esportiva, Characidae, isca-viva.

## EFFECTS OF SALINITY ON METABOLIC RATE AND BEHAVIOR OF LAMBARI

### *Astyanax bimaculatus*

#### ABSTRACT

Lambari (Characidae) is a small fish, easy reproduction\*, very common in Brazil and it has potential for aquaculture, it is also used as bioindicator and live-bait in sport fishing in inland waters. The most used live-bait in marine and estuarine sport fishing is the white shrimp (*Litopenaeus schmitti*), but the current demand caused by overfishing has reduced its natural stocks. Nevertheless, this present study aimed to evaluate the yellow tail lambari fish resistance *Astyanax bimaculatus* in different salinities so, in the future, it might be considered as an alternative option as live-bait in oligohaline waters. We determined Lethal Concentration (LC50), routine metabolism a swimming behavior. To LC 50 (96h), 120 fish were used divided in eight treatments: 0 (control), 5, 10, 15, 20, 25, 30 e  $35 \text{ g L}^{-1}$  of salinity. Afterwards, we exposed the fishes in salinities of 0, 5 e  $10 \text{ g L}^{-1}$  ( $n=10$ ) and analyzed specific oxygen consumption and ammonia excretion in 1 and 24 hours of exposition. We tested swimming behavior in 90 fishes, divided in three groups in the same salinities (0, 5 e  $10 \text{ g L}^{-1}$ ), after 2 and 45 minutes of exposition. LC 50 result was  $12.73 \text{ g L}^{-1}$ . Ammonia excretion ( $p= 0.8$ ) and oxygen consumption ( $p= 0.09$ ) did not show difference in 24 hours to all tested salinities. Ammonia excretion presented difference in 1 hour treatment in salinity of  $10 \text{ g L}^{-1}$  comparing to control ( $p= 0.0003$ ). The same occurred with oxygen consumption also showing difference in 1 hour of exposition. Comparing control with the other salinities, there was significant difference ( $p = 0.02$  to  $5 \text{ g L}^{-1}$  and  $0.006$  to  $10 \text{ g L}^{-1}$ ). Lambari swimming acceleration was decreased and showed significant difference in 45 minutes of exposition ( $p < 0.05$ ) comparing to control. Lambari *A. bimaculatus*

showed resistance to salty waters until 10 g L<sup>-1</sup> and it may be considered as alternative live-bait for estuarine sport fishing.

**Key words:** consumo específico de oxigênio; excreção específica de amônia; pesca esportiva, Characidae, isca-viva.

**Key words:** oxygen; ammonia; sport fishing; Characidae; live-bait.



## INTRODUÇÃO

Lambaris são peixes de pequeno porte pertencentes a ordem Characiformes, família Characidae. As espécies do gênero *Astyanax*, o mais abundante no Brasil, apresentam alta distribuição geográfica (Lucena e Soares, 2016; Valladão et al., 2016). Lambaris são objetos de estudo com várias abordagens: reprodução, dispersão, relações filogenéticas, padrões genéticos, hábitos alimentares, utilização como bioindicadores (Andrian et al., 2001; Hausdorf et al., 2011; Prado et al., 2011; Peres et al., 2011; Martinez et al., 2012; Barbieri et al. 2019; Tincania et al. 2019)

A potencialidade do lambari para piscicultura de água doce foi avaliada e considerada promissora, porém seu cultivo com vistas a alimentação humana é pouco comum devido principalmente aos custos de produção e comercialização (Silva et al., 2011). Seu consumo como produto alimentício está mais relacionado a atividades de lazer e culturais sendo preparado principalmente como petisco. A comercialização de indivíduos vivos, para o mercado de iscas, é o que gera maior valor agregado quando comparado ao mercado para consumo humano (Sabbag et al., 2011; Castilho-Barros et al., 2014a).

Vários outros organismos são utilizados como iscas vivas na pesca esportiva (Henke e Chaves, 2017). A maioria dessas iscas são provenientes do extrativismo, realizada por pescadores artesanais como complementação de renda para o sustento familiar (Castilho-Barros et al., 2014b). A espécie mais utilizada na pesca esportiva marinha e estuarina no Brasil para esse fim é o camarão branco *Litopenaeus schimitti* (Henke e Chaves, 2017).

Castilho-Barros et al. (2014b) reportaram a crescente demanda de camarão branco para pescadores esportivos em regiões de grande atividade turística como o litoral da região Sudeste do Brasil. Em muitos casos, esses organismos são mantidos em estruturas adaptadas e transportados de forma inadequada, causando estresse, acarretando altas taxas de mortalidades, e conseqüentemente ocasionando perda de tempo e dinheiro para pescadores artesanais (Henriques et al., 2018). Quando há grande disponibilidade do camarão branco e baixa procura para sua comercialização, uma quantidade significativa é perdida, tornando a atividade de extração economicamente inviável. Tal fato contribui para o comprometimento e depleção dos estoques naturais que já sofrem pressão com a pesca constante de juvenis em suas áreas de crescimento (Zeineddine et al., 2015).

A cadeia produtiva da pesca esportiva proporciona incremento financeiro robusto nas regiões litorâneas. Castilho-Barros et al. (2014b) afirmam que a atividade praticada na baixada

santista, litoral sudeste do Brasil, movimenta a economia, considerando gastos com viagens, aquisição das iscas, combustível, hospedagem, alimentação, entre outros. Peixes como o robalo (*Centropomus* sp.) e pescadas (*Cynoscion* sp ou *Macrodon* sp.), são os principais alvos dos praticantes dessa pesca, principalmente nos estuários da região (Castilho-Barros et al., 2014b; Barrella et al., 2016; Henke e Chaves, 2017).

Espécies de água doce como a tilápia (*Oreochromis niloticus*) já foram testadas para possível utilização como isca-viva para pesca marinha e estuarina por apresentar resistência a altas salinidades (Júnior et al., 2010; Bosisio et al., 2017). No entanto, seu comércio como isca não é indicado pelo fato de incentivar a introdução de espécie alóctone em regiões litorâneas comprometendo as estruturas ecológicas naturais do ambiente (Deacon et al., 2011).

Hipotetisa-se que o lambari do rabo amarelo *A. bimaculatus* apresenta resistência fisiológica para sobreviver em baixas salinidades, podendo ser considerado como espécie alternativa visando o fornecimento de iscas-vivas para a pesca esportiva. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa metabólica e o comportamento natatório de *A. bimaculatus*, submetidos a diferentes concentrações de salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo está de acordo com os princípios éticos em experimentação animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e possui a autorização nº 02/2018 do Comitê de Ética em Experimentação Animal do Instituto de Pesca, órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Brasil.

Os lambaris *A. bimaculatus*, com peso médio de  $5,55 \pm 1,9$  g e comprimento médio de  $6,91 \pm 0,75$  cm, foram produzidos e mantidos em tanques de 500 L no Laboratório de Maricultura do Instituto de Pesca, no município de Santos, costa sudeste do Brasil ( $23^{\circ}96'S$ ,  $46^{\circ}33'W$ ). Os animais foram alimentados com ração comercial (31% de proteína bruta) duas vezes ao dia na proporção de 3% do peso vivo, durante esse período.

### *Determinação da CL50 para A. bimaculatus em diferentes salinidades*

A CL50 foi calculada pelo método estatístico *Trimmed Spearman-Kärber* (com correção de Abbott), proposto por Hamilton et al. (1977) para 24, 48, 72 e 96 horas.

No total, foram utilizados 120 peixes, divididos em 24 aquários de 10 L, com três réplicas. Nos tratamentos com salinidades de 0 (controle), 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 g L<sup>-1</sup>, foram dispostos aleatoriamente cinco lambaris. As diferentes salinidades foram obtidas por diluição da água do mar (35 g L<sup>-1</sup>) com água doce do próprio local de criação dos lambaris, aferidas por meio de refratômetro (modelo RTS 28 - 03159 Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda).

A mortalidade dos lambaris foi registrada a cada 30 minutos nas 12 primeiras horas. Após esse período, as verificações ocorreram a cada 12 horas até completar o total de 96 horas.

#### *Efeitos da salinidade na taxa metabólica do lambari **A. bimaculatus**.*

A partir dos resultados obtidos na determinação da CL50, analisou-se a taxa metabólica, utilizando as concentrações de salinidade que permitiram a sobrevivência dos indivíduos por mais de 24 horas de exposição: 0 (controle), 5 e 10 g L<sup>-1</sup>. Anteriormente ao experimento, os lambaris foram aclimatados durante 24 horas em recipientes com recirculação de água e aeração constante, na densidade máxima de 2,5 animais L<sup>-1</sup> (*American Public Health Association - A.P.H.A.*, 1989). Foram utilizados 27 indivíduos, três por aquário de 10L (duplicata), totalizando 9 peixes por salinidade testada.

Os peixes foram mantidos em respirômetros com circulação contínua de água por 60 minutos, a fim de atenuar o estresse decorrente do manuseio. Em seguida, o fornecimento de água foi suspenso e os respirômetros fechados e selados para que os animais consumissem o oxigênio presente no volume conhecido de água por uma hora.

A diferença entre as concentrações de oxigênio e amônia, determinados pelo cálculo dos valores de início e do final do confinamento, representaram o consumo específico de oxigênio (mLO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e excreção específica de amônia (mg L<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) durante o período.

Para minimizar o efeito da falta de oxigênio sobre o metabolismo, a duração dos experimentos foi regulada de tal modo que a concentração de oxigênio no final dos experimentos fosse sempre maior do que 70% de sua concentração inicial (Barbieri et al., 2019b). O oxigênio dissolvido foi mensurado com medidor multiparâmetros YSI proplus e para a curva padrão da excreção foi utilizado o método da determinação da amônia Nessler.

#### *Comportamento natatório do **A. bimaculatus**.*

Foram utilizados 90 lambaris com comprimento e peso médio de 6,18 ± 0,59 cm e 5,32 ± 1,51 g. Os indivíduos foram dispostos em 3 grupos (n=10) e expostos a salinidades de 0 (controle), 5 e 10 g L<sup>-1</sup> em aquários de vidro com volume de 20L. Os movimentos dos peixes

foram filmados lateralmente e frontalmente nos aquários por 2 minutos, nos tempos de 2 e 45 minutos de exposição.

As filmagens realizadas foram analisadas através do software *Tracker* (*Open Source*). Este programa permite analisar o movimento de um objeto “quadro a quadro” em determinado espaço pelo tempo nas coordenadas dos eixos. A partir do uso do ponto de massa, a localização de cada peixe foi marcada para que pudesse traçar a trajetória do mesmo durante o período de filmagem. Com isso, foi possível obter os dados de aceleração dos lambaris pelo software e suas posições tanto no Eixo “x” como no Eixo “y”.

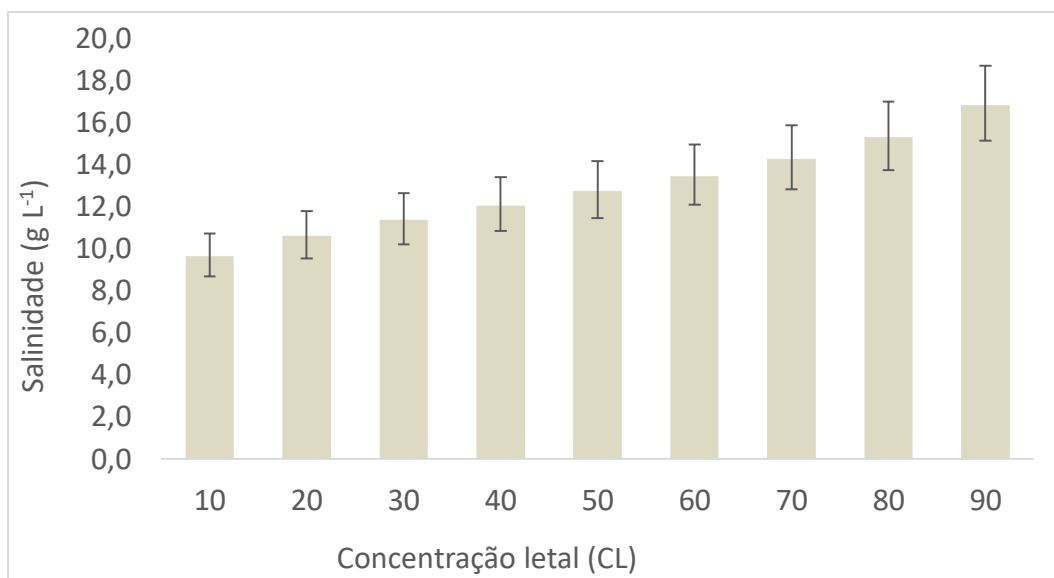
O cálculo para a aceleração foi a partir da fórmula:  $a = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}$ , onde (a) aceleração, (y<sub>2</sub>) posição do peixe no Eixo “y” no segundo frame, (y<sub>1</sub>) posição do peixe no Eixo “y” no primeiro frame, (x<sub>2</sub>) posição do peixe no Eixo “x” no segundo frame e (x<sub>1</sub>) posição do peixe no Eixo “x” no primeiro frame.

#### *Análises estatísticas para os experimentos com o lambari A. bimaculatus.*

Para análises de metabolismo de rotina (excreção específica de amônia e consumo específico de oxigênio) e do comportamento natatório foram utilizados testes de normalidade de Shapiro-Wilk. Posteriormente, foram feitas análises de variância *One-way* ANOVA com pós teste Tukey HSD. A diferença foi considerada quando  $p < 0,05$ . As análises foram conduzidas pelo software PAST.

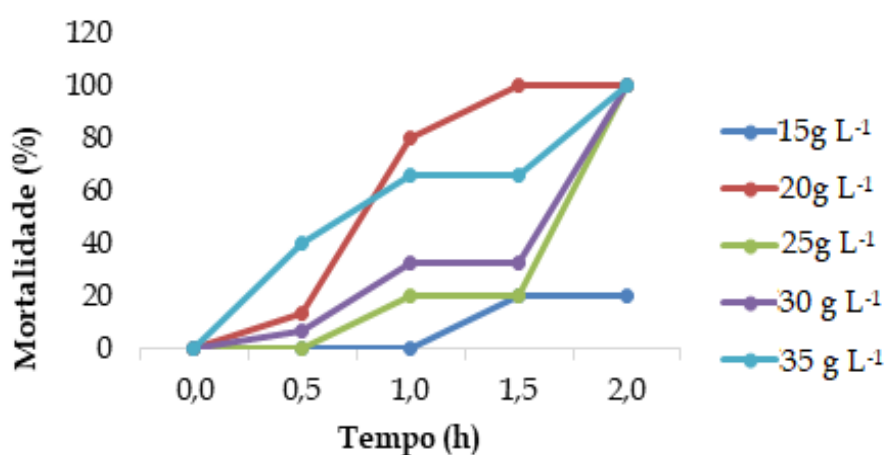
## **RESULTADOS**

O resultado de CL50 (96h) para *A. bimaculatus* foi de 12,73 g L<sup>-1</sup>. Observou-se 10% de mortalidade a partir da salinidade 10g L<sup>-1</sup>. A CL90 (96h), ou seja, quando 90% dos lambaris não sobreviveram foi de 16,82 g L<sup>-1</sup> (Figura 1).



**Figura 1.** Níveis de Concentração Letal (CL), em diversas salinidades para o lambari *Astyanax bimaculatus* em 96 horas de exposição.

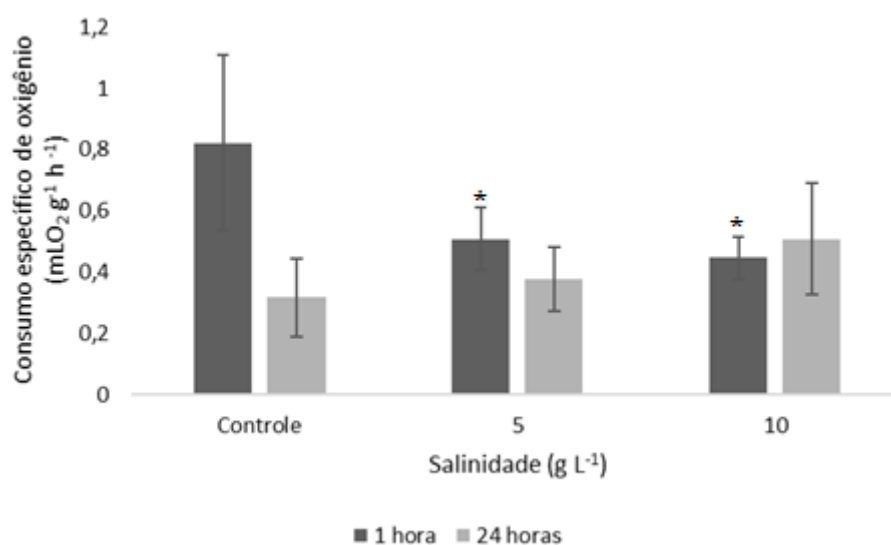
Os lambaris expostos a salinidades de 20, 25, 30 e 35 g L<sup>-1</sup> não sobreviveram nas duas primeiras horas de experimento. Os indivíduos submetidos a salinidade de 15 g L<sup>-1</sup> apresentaram mortalidade a partir da primeira hora, com registros até 2 horas de exposição (Figura 2).



**Figura 2.** Mortalidade em porcentagem nas primeiras 2 horas de experimento do lambari *Astyanax bimaculatus* nas salinidades 15, 20, 25, 30 e 35g L<sup>-1</sup>.

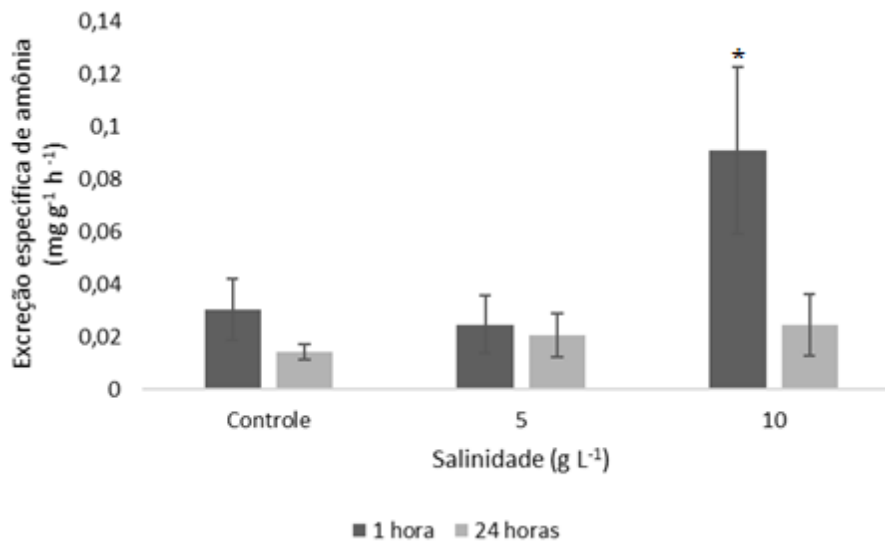
### Consumo específico de oxigênio e Excreção específica de amônia

Houve tendência de diminuição do consumo específico de oxigênio em relação ao tempo de exposição, com diferença significativa nas salinidades de 5 e 10 g L<sup>-1</sup> em relação ao controle em 1 hora de exposição ( $p = 0,02$  e  $0,006$ , respectivamente). Constatou-se tendência de aumento do consumo específico de oxigênio em relação ao controle nas duas salinidades testadas após 24 horas de exposição. Não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos em 24 horas ( $p = 0,09$ ) em relação ao controle (Figura 3).



**Figura 3.** Consumo específico de oxigênio (mLO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de *Astyanax bimaculatus* nos períodos de 1 e 24 horas nas salinidades controle (0), 5 e 10 g L<sup>-1</sup>, onde A = 1 hora e B = 24 horas. (\* $p < 0,05$ ).

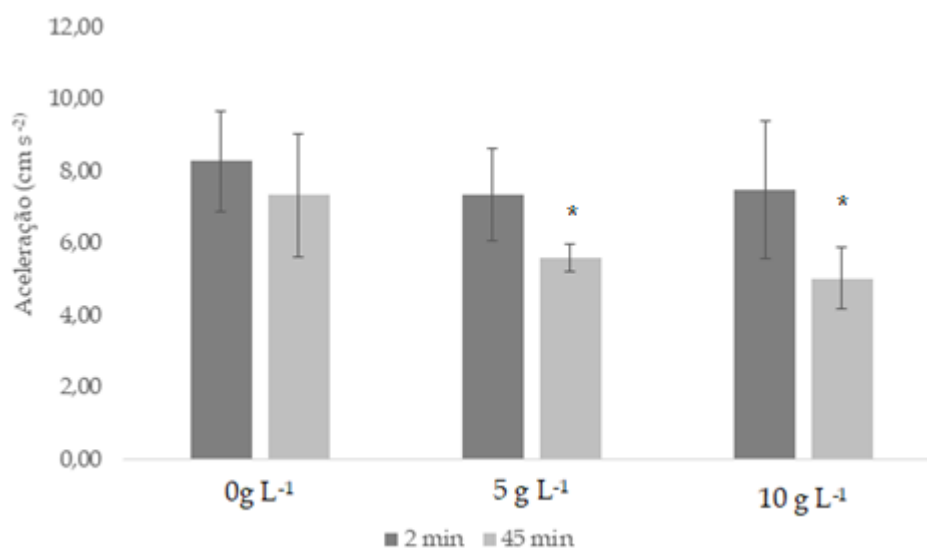
A excreção específica de amônia decresceu no tratamento controle entre os dois tempos de exposição. O tratamento de 10 g L<sup>-1</sup> para uma hora de exposição apresentou diferença estatística significativa em relação ao controle (0 g L<sup>-1</sup>) ( $p = 0,0003$ ). Não houve diferença significativa entre 5 g L<sup>-1</sup> e o controle (0 g L<sup>-1</sup>) em 1 hora ( $p = 0,8$ ) e em nenhum dos tratamentos de 24 horas ( $p = 0,13$ ) (Figura 4).



**Figura 4.** Excreção específica de amônia ( $\text{mg g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) de *Astyanax bimaculatus* nos períodos de 1 e 24 horas, nas salinidades controle (0), 5 e 10  $\text{g L}^{-1}$ , onde A = 1 hora e B = 24 horas. (\*  $p < 0,05$ ).

#### Comportamento natatório

As médias de aceleração dos lambaris encontradas foram de  $8,28 (\pm 1,4)$  e  $7,35 (\pm 1,71)$   $\text{cm s}^{-2}$  para controle,  $7,36 (\pm 1,3)$  e  $5,61 (\pm 0,39)$   $\text{cm s}^{-2}$  para salinidade 5  $\text{g L}^{-1}$  e  $7,49 (\pm 1,9)$   $\text{cm s}^{-2}$  e  $5,04 (\pm 0,8)$   $\text{cm s}^{-2}$  para salinidade 10  $\text{g L}^{-1}$  em 2 e 45 minutos de exposição, respectivamente. Os lambaris expostos no controle (salinidade zero) não apresentaram diferença em nenhum tempo de exposição ( $p = 0,07$ ). Porém, quando testados nas salinidades 5 e 10  $\text{mg L}^{-1}$  aos 45 minutos de exposição, mostraram diferença significativa em relação ao controle ( $p < 0,05$ ) (Figura 5).



**Figura 5.** Aceleração ( $\text{cm s}^{-2}$ ) de *Astyanax bimaculatus* expostos às salinidades controle (0), 5 e  $10 \text{ g L}^{-1}$  nos tempos de 2 e 45 minutos. (\* =  $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

A resistência dos peixes dulcícolas à exposição aguda de concentrações de salinidade está relacionada ao fator espécie-específica (Moreira et al., 2011; Barbieri e Doi, 2012, 2019a; Bosisio et al., 2017; Mattioli et al., 2017). O lambari do rabo amarelo *A. bimaculatus* demonstrou tolerância em águas com salinidade abaixo de  $10 \text{ g L}^{-1}$ . Comparando-o com outras espécies de peixes, Moreira et al. (2011), em estudo com juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) encontraram a salinidade letal mediana de  $11,11 \text{ g L}^{-1}$ , determinando em  $7,5 \text{ g L}^{-1}$  a concentração segura de exposição para essa espécie. Mattioli et al. (2017) pesquisando o pacamã *Lophiosilurus alexandri* obtiveram CL 50 de  $11,6 \text{ g L}^{-1}$  para 24 horas de exposição e mortalidade total dos indivíduos ocorrendo no gradiente entre  $12,5$  e  $15 \text{ g L}^{-1}$ . Segundo Imanpoor et al. (2012), o Goldfish *Carassius auratus* apresenta boa adaptação até a salinidade  $12 \text{ g L}^{-1}$ , mantendo a taxa de crescimento específico, a biomassa final e as taxas de conversão alimentar em níveis similares a água doce, seu habitat natural, comportamento similar ao demonstrado pelo *A. bimaculatus*.

Mudanças no ambiente podem alterar o metabolismo em organismos aquáticos (Uliano et al. 2010). O aumento da salinidade da água para peixes dulcícolas propõe reduzir o gasto energético da osmorregulação uma vez que diminui o gradiente entre o meio interno do indivíduo com o meio externo (Souza-Bastos et al., 2016).

A adição de salinidade pode influenciar no crescimento corporal, estresse no transporte, metabolismo dos peixes, mas ainda faltam dados com enfoque para iscas vivas (Plaut, 2000; Guo et al., 2013; Souza-Bastos et al., 2016). Henriques et al. (2018) afirmam que algumas espécies de lambaris já são utilizadas como isca viva para pesca esportiva nos estuários, porém, não existe, até o momento, estudos detalhando a resistência a baixas concentrações de salinidade dessas espécies.

Fatores ambientais também podem influenciar a excreção específica de amônia que pode se tornar tóxica quando acumulada no sistema circulatório do peixe (Damato e Barbieri, 2012). A amônia é um produto derivado da digestão de proteínas e a diminuição de sua excreção está relacionada com a diminuição do processo do catabolismo proteico que causa



alto gasto de energia visando o equilíbrio energético do peixe (Diniz e Honorato, 2012; Wright e Wood, 2012). Isto explica o decréscimo da excreção específica de amônia entre os dois tempos de exposição testados.

Barbieri et al. (2019c) expuseram o lambari da mata atlântica *Deuterodon iguape* em salinidades de 0; 2,5; 5; 7,5; 10 e 12,5 g L<sup>-1</sup>. Essa espécie apresentou aumento na taxa de excreção específica de amônia até 5 g L<sup>-1</sup> e redução a partir de 7,5 g L<sup>-1</sup>. No presente estudo, para *A. bimaculatus* a excreção específica de amônia diminuiu em todos tratamentos, mas na salinidade 10 g L<sup>-1</sup> em 1 hora foi quatro vezes maior em comparação aos observados em *D. iguape* (Barbieri et al. 2019b). Essa redução pode ocorrer quando o peixe encontra-se em ponto isosmótico com o meio. O lambari *D. iguape* aumentou sua excreção de forma mais rápida em uma salinidade mais baixa. O lambari *A. bimaculatus*, por sua vez, aumentou sua taxa metabólica na salinidade mais alta testada (10g L<sup>-1</sup>) e diminuiu a excreção em 24 horas resultado semelhante ao lambari *D. iguape* para essa concentração.

O consumo específico de oxigênio do lambari *A. bimaculatus* também diminuiu ao longo do tempo de exposição. O aumento de salinidade tende a diminuir a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água e assim, aumentar sua demanda por oxigênio (Barbieri et al., 2019a). Esse consumo tende a aumentar quando peixes estão submetidos a fatores de estresse, na expectativa de manter a homeostase (Gutierrez et al., 2014). Esse fato não foi observado nos resultados do presente estudo. O único tratamento em que o consumo específico de oxigênio aumentou ao longo do tempo de exposição foi o de salinidade 10 g L<sup>-1</sup>, com a diferença de 0,031 mL O<sub>2</sub> g h<sup>-1</sup>, não apresentando diferença significativa em relação aos demais. Altinok e Grizzle (2003), observaram a mesma redução de consumo específico de oxigênio em juvenis de truta arco íris (*Onchorynchus mykiss*) (6,3 ± 1g) constatando que os peixes tendem a manter a taxa metabólica baixa quando se encontram em águas levemente salinizadas evitando o gasto de energia e que essa taxa tende a subir quando há aumento de salinidade (Zhao et al., 2015; Sampaio e Freire, 2016).

Os testes de comportamento são bem aceitos para corroborar dados de toxicidade em testes de metabolismo de rotina (Altinok e Grizzle, 2003). A atividade natatória dos peixes reflete uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas previsíveis do organismo em relação ao meio. As mudanças dessas respostas podem ocorrer quando há alterações na qualidade da água variando locomoção, reação a predadores, respiração e alimentação (Faimali et al., 2016). Esse comportamento pode elevar ou diminuir o gasto de energia e, conseqüentemente, seu metabolismo (Uliano et al., 2010).

Henriques et al. (2018) testaram o comportamento do lambari *D. iguape*, avaliando seu deslocamento (cm) e velocidade (cm s<sup>-1</sup>) em salinidades 0, 5, 10 e 15 g L<sup>-1</sup>, observando aumento da velocidade, mas encontraram diferença significativa somente na salinidade de 10 g L<sup>-1</sup> comparado ao controle. Os lambaris *A. bimaculatus* testados no presente estudo tiveram aceleração dos seus movimentos significativamente reduzidas em 45 minutos para as salinidades 5 e 10 g L<sup>-1</sup> em relação ao controle. Esses resultados corroboram com os resultados obtidos por Hassan et al. (2013) para espécies de tilápia (*Oreochromis* sp.) que apresentaram capacidade osmorregulatória em salinidade de 0 a 5 g L<sup>-1</sup> mantendo assim sua atividade natatória estável. Esses autores afirmam que esse fenômeno ocorre quando o indivíduo é capaz de manter seus fluidos corporais sem perder água para o meio hipersalino e que, quando ocorre uma mudança abrupta de ambiente como esse, é possível casos de convulsões e hiperatividade.

Henriques et al. (2018) destacam a importância de usar espécies endêmicas no intuito de conservar a fauna local e evitar o desequilíbrio ecológico. No mesmo estudo os autores compararam a eficiência da pesca utilizando o lambari *D. iguape* e o camarão branco nativo *Litopenaeus schmitti* ambos utilizados como isca viva para a pesca do robalo em regiões estuarinas do litoral sudeste do Brasil. Em seus resultados foi reportado que houve interesse dos pescadores sobre a utilização do lambari como alternativa econômica na comparação com o camarão e demonstraram que não houve diferença significativa quando ambas iscas foram utilizadas na pesca do robalo (*Centropomus* sp.). O sucesso de captura do robalo utilizando o lambari em relação ao camarão se deu em salinidades até 10 g L<sup>-1</sup>, mesma salinidade em que o *A. bimaculatus* apresentou resistência no presente estudo.

Os resultados apresentados mostraram que *A. bimaculatus* mantém o metabolismo reduzido apresentando resistência em águas levemente salinas. Esse fato pode despertar o interesse para os pequenos produtores de lambaris e pescadores artesanais das regiões costeiras que podem ver a criação como uma complementação de renda. O cultivo de uma espécie de peixe forrageira endêmico dos corpos hídricos brasileiros como é o caso do *A. bimaculatus* preenche um nicho de mercado ainda pouco explorado na pesca esportiva, o fornecimento ininterrupto de isca viva (Fonseca et al., 2017).

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para CL50, metabolismo de rotina e comportamento natatório confirmaram a hipótese do trabalho, indicando que o lambari *A. bimaculatus* apresenta resistência em salinidades inferiores a 10 g L<sup>-1</sup> e, conseqüentemente, potencial para ser utilizado como isca viva em ambientes oligohalinos.

## REFERÊNCIAS

- American Public Health Association 1989. Toxicity test procedures using mollusks. In: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E. and Trussel, R.R. (ed.), 17<sup>a</sup>. ed., Port City Press, Baltimore, 73-880.
- Altinok, I.; Grizzle, J.M. 2003. Effects of Low Salinities on Oxygen Consumption of Selected Euryhaline and Stenohaline Freshwater Fish. *Journal of the Aquaculture Society*, 34(1): 113-117.
- Barbieri, E.; Doi, S.A. 2012. Acute toxicity of ammonia on juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*, Linnaeus, 1766) according to the salinity.. *Aquaculture International*, 20(2): 373-382.
- Barbieri, E., Ferrarini, A.M.T., Rezende, K.F.O., Martinez, D.S.T., Alves, O.L. 2019a. Effects of multiwalled carbon nanotubes and carbofuran on metabolism in *Astyanax ribeirae*, a native species. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(1): 417-426
- Barbieri, E.; Lenz, R.M.; Nascimento, A.A.; Almeida, G.L.; Roselli, L.Y.; Henriques, M.B. 2019b. Lethal and sublethal effects of ammonia in *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907), potential species for Brazilian aquaculture. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(1): e400.
- Barbieri, E.; Rezende, K.F.O.; Henriques, M.B.; Carneiro, J.S. 2019c. Metabolic and histological alterations after exposing *Deuterodon iguape* to different salinities. *Boletim do Instituto de Pesca*, 45(2): e.410.

- Barrella, W.; Cachola, N.; Ramires, M.; Rotundo, M.M. 2016. Aspectos biológicos e socioeconômicos da pesca esportiva no “deck do pescador” de Santos (SP, Brasil). *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 20(1): 61-68.
- Bosisio, F.; Rezende, K.F.O.; Barbieri, E. 2017. Alterations in the hematological parameters of Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) submitted to different salinities. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 12(2): 146-154
- Castilho-Barros, L.; Barreto, O.J.S.; Henriques, M.B. 2014a. The economic viability for the production of live baits of white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) in recirculation culture system. *Aquaculture International*, 22: 1925-1935.
- Castilho-Barros, L.; Alves, P.M.F.; Silva, N.J.R.; Henriques, M.B. 2014b. Cadeia produtiva do camarão branco utilizado como isca viva na pesca amadora da Baixada Santista, estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 44(6): 23-36.
- Diniz, N.M.; Honorato, C.A. 2012. Algumas alternativas para diminuir os efeitos o estresse em peixes de cultivo – revisão. *Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia*, 15(2): 149-154.
- Damato, M.; Barbieri, E. 2012. Estudo da Toxicidade aguda e alterações metabólicas provocadas pela exposição do Cádmio sobre o peixe *Hyphessobrycon callistus* utilizado como indicador de saúde ambiental. *O Mundo da Saúde*, 36(4): 574-581.
- Faimali, M.; Gambardella, C.; Costa, E.; Piazza, V.; Morgana, S.; Estévez-Calvar, N.; Garaventa, F. 2016. Old model organisms and new behavioral end-points: Swimming alteration as an ecotoxicological response. *Marine Environmental Research*, 128: 34-45.
- Fonseca, T.; Costa-Pierce, B.A.; Valenti, W.C. 2017. Lambari Aquaculture as a Means for the Sustainable Development of Rural Communities in Brazil. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25(4): 1-15.
- Gutierrez, S.M.M.; Vitule, J.R.S.; Freire, C.A.; Prodocimo, V. 2014. Physiological tools to predict invasiveness and spread via estuarine bridges: tolerance of Brazilian native and

- worldwide introduced freshwater fishes to increased salinity. *Marine and Freshwater Research*, 65: 425-436.
- Guo, W., Yan, X., Ma, G., Xiao, L., Zhang, G. 2013. A study on early tolerance of *Mactra chinensis philippi* to salinity. *Acta Ecologica Sinica*, 33(2013): 206-210.
- Hassan, M.; Mi, Z.; Wahab, W.; Muhammad, S.D.; Idris, N.; Jasmani, S. 2013. Histopathological and Behavioral Changes in *Oreochromis* sp. after Exposure to Different Salinities. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 1(2):2-4.
- Hamilton, M.A.; Russo, R.C.; Thurston, V. 1977. Trimed Sperman-Karber method for estimating medial lethal concentrations in toxicology bioassays. *Environmental Science and Technology*, 11(7): 714-719.
- Henke, J.L.; Chaves, P.T.C. 2017. Ictiofauna e pesca amadora no litoral sul do paran: estudo de caso sobre capturas e potencial impacto. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 21(1): 37-43.
- Henriques, M.B.; Fagundes, L.; Petesse, M.L.; Silva, N.J.R.; Rezende, K.F.O.; Barbieri, E. 2018. Lambari fish *Deuterodon iguape* as an alternative to live bait for estuarine recreational fishing. *Fishery Management Ecology*, 25(5): 400-407.
- Imanpoor, M.R.; Najafi, E. Kabir, M. 2012. Effects of different salinity and temperatures on the growth, survival, haematocrit and blood biochemistry of Goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture Research*, 43(3): 332-338.
- Júnior, H.A.; Vahrlich, R.; Hoinkes, R.; Tebaldi, C. 2010. Aclimação do híbrido da tilápia vermelha *Oreochromis niloticus* sp. e utilização em ambientes marinhos como isca viva para a pesca de tunideos. *Revista Electrónica de Veterinária*, 11(3): 3-16.
- Lucena, C.A.S.; Soares, H.G. 2016. Review of species of the *Astyanax bimaculatus* "caudal peduncle spot" subgroup sensu Garutti & Langeani (Characiformes, Characidae) from the rio La Plata and rio São Francisco drainages and coastal systems of southern Brazil and Uruguay. *Zootaxa*, 4072(1): 101-125.

- Moreira, D.M.V.; Ferreira, P.M.F.; Zuanon, J.A.S.; Salaro, A.L. 2011. Tolerância aguda e subcrônica de juvenis de acará-bandeira à salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 6(1): 38-47.
- Plaut, I. 2000. Resting Metabolic Rate, Critical Swimming Speed, and Routine Activity of the Euryhaline Cyprinodontid, *Aphanius dispar*, Acclimated to a Wide Range of Salinities. *Physiological and Biochemical Zoology*, 73(5): 590-596.
- Sabbag, O.M.; Takahashi, L.S.; Silveira, A.N.; Aranha, A.S. 2011. Custos e viabilidade econômica da produção de lambari-do-rabo amarelo em Monte Castelo/SP: um estudo de caso. *Boletim do Instituto de Pesca*, 37(3): 301-315.
- Sampaio, F.D.F.; Freire, C.A. 2016. An overview of stress physiology of fish transport: changes in water quality as a function of transport duration. *Fish and Fisheries*, 17(4): 1055-1072.
- Silva, N.J.R.; Lopes, M.C.; Fernandes, J.B.K.; Henriques, M.B. 2011. Caracterização dos sistemas de criação e da cadeia produtiva do lambari no Estado de São Paulo, Brasil. *Informações Econômicas*, 41(9): 17-28.
- Souza-Bastos, L.R.; Bastos, L.P.; Carneiro, P.C.F.; Freire, C.A. 2016. Acute salt exposure of the freshwater Characiformes: Pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887), Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818), and their hybrid "Tambacu". *Aquaculture*, 465(2016): 352-358.
- Tincania, F.H.; Santos, G.S.; Azevedo, A.C.B.; Marques, A.E.M.L.; Pereira, L.S.; Castellano, G.C.; da Silva, T.A.; Galvan, G.L.; Chimentão, F.G.; Silva, C.P.; Oliveira Ribeiro, C.A.; Silva de Assis, H.C.; Campos, S.X.; Ramsdorf, W.A.; Cestaria, M.M. 2019. Climbing the taxonomic ladder: Could a genus be used as bioindicator? The ecotoxicological relationship between biomarkers of *Astyanax altiparanae*, *Astyanax bifasciatus* and *Astyanax ribeirae*. *Ecological Indicators*, 106: 105474. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105474>

- Uliano, E.; Cataldi, M.; Carella, F.; Migliaccio, O.; Iaccarino, D.; Agnisola, C. 2010. Effects of acute changes in salinity and temperature on routine metabolism and nitrogen excretion in gambusia (*Gambusia affinis*) and zebrafish (*Danio rerio*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 157(3): 283-290.
- Valladão, G.M.R.; Gallani, S.U.; Pilarski, F. 2016. South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 0: 1-19.
- Wright, P.A.; Wood, C.M. 2012. Seven things fish know about ammonia and we don't. 2012. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 184(2012): 231-240.
- Zeineddine, G.C.; Barella, W.; Rotundo, M.M.; Clauzet, M.; Ramires, M. 2015. Etnoecologia de pesca de camarões usados como isca viva na Barra do Una, Peruíbe (SP/Brasil). *Revista Brasileira de Zootecias*, 16: 67-83.
- Zhao, F.; Zhuang, P.; Zhang, T.; Wang, Y.; Hou, J.; Liu, J.; Zhang, L. 2015. Isosmotic points and their ecological significance for juvenile Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*. *Journal of Fish Biology*, 86(4): 1416-1420.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação contribuiu para aumentar a informação disponível sobre o lambari *A. bimaculatus*. No Estado de São Paulo, essa espécie ainda não é vista como opção para o consumidor de pescados como acontece em outros estados.

O lambari pode ser usado de diversas formas e os estudos já realizados com esse grupo mostra versatilidade em sistemas de água doce já populares no interior do país. Acredita-se que esse trabalho, juntamente com outros que abordem esses pequenos peixes, ainda possa aumentar o interesse da população de regiões litorâneas para consumo.

Esses consumidores tendem a manter os costumes quando se trata da pesca esportiva estuarina do robalo. Porém é necessário adotar novas medidas nesse setor no intuito de preservação do meio ambiente e garantir que essa atividade não se perca devido a impactos antrópicos.

Os estoques naturais de camarão branco e outras iscas vivas estão diminuindo devido a sobrepesca e alternativas provenientes da piscicultura colaboram para o reestabelecimento de populações, degradação ambiental. E com essas alternativas, ressaltar a importância de se produzir espécies nativas que já se encontram familiarizadas no conhecimento de pescadores locais.

A produção do lambari pode ser realizada em pequena ou grande escala sendo possível a criação de sistema de lambaricultura de forma flexível e adaptável para vários tipos de produtores. Esse fator pode colaborar com o aumento de renda de pescadores artesanais e outros criadores.

Baseando-se nos resultados apresentados no presente estudo, como perspectivas futuras é interessante a realização de pesquisas abordando a viabilidade econômica do lambari *A. bimaculatus* como isca viva em pequena escala na região da Baixada Santista e litoral do estado e realizar a performance dessa espécie em regiões estuarinas na pesca esportiva do robalo para que esse lambari de fato seja considerado como a mais nova opção de isca viva em águas oligohalinas.