

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
ENGENHARIA DE PESCA

RICARDO AUGUSTO KUCHE SANCHES

Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento, estresse e aspectos
reprodutivos de um peixe Neotropical

Toledo
2020

RICARDO AUGUSTO KUCHE SANCHES

Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento, estresse e aspectos reprodutivos de um peixe Neotropical

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana

Toledo

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Sanches, Ricardo Augusto Kuche
Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento, estresse e aspectos reprodutivos de um peixe Neotropical / Ricardo Augusto Kuche Sanches; orientador(a), Pitágoras Augusto Piana. 2020.
39 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2020.

1. Pesca esportiva. 2. Pesque e solte. 3. Comportamento. 4. Reprodução. I. Piana, Pitágoras Augusto. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

RICARDO AUGUSTO KUCHE SANCHES

Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento, estresse e aspectos reprodutivos de um peixe Neotropical

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Éder André Gubiani
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Robie Allan Bombardelli
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Carlos Eduardo Zacarkim
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Ricardo Yuji Sado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Aprovada em: 6 de março de 2020.

Local de defesa: Sala 15, bloco da Engenharia de pesca - Unioeste/*Campus* de Toledo.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram a estudar e buscar conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Nesta página muito especial deste trabalho, gostaria de agradecer a algumas pessoas, dentre as muitas que me ajudaram a realizá-lo. Pessoas que tornaram possível a realização de um sonho, conquistar o almejado título de doutor.

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana, que ainda na graduação aceitou o desafio de me orientar, na busca e construção de conhecimento em um tema desafiador, que fugia de sua área de estudo. Foram anos de muito aprendizado, frustrações, tropeços, alegrias e realizações, muito obrigado por todo apoio nesse período.

Agradeço a todos os colegas, amigos e professores que estiveram presentes e me ajudaram nessa jornada de estudos, desde a graduação. Em especial ao professor Robie Allan Bombardelli que me ajudou a elaborar e também deu apoio na parte experimental do estudo. Às minhas “irmãs” de orientador, Gildete e Gabi, pelo auxílio e parceria nas diversas etapas experimentais. E ao amigo Gustavo Hillesheim pela ajuda no experimento e parceria em inúmeras pescarias para esfriar a cabeça.

De forma geral, agradeço aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – PREP, pela ajuda nas questões burocráticas. Ao pessoal do Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental – InPAA, pelo auxílio estrutural, e do Laboratório de Tecnologia da Reprodução de Animais Aquáticos Cultiváveis – LATRAAC, pelas análises realizadas.

Por último e mais importante, agradeço de maneira muito especial à minha família que sempre me apoiou nos estudos e carreira acadêmica. Muito obrigado mãe, Neuza Sanches; pai, Carlos Sanches; irmãos, Rodolfo e Rafael Sanches; cunhadas, Leila e Mariangela Sanches; a minha linda sobrinha Isabella e ao recém-chegado sobrinho Samuel. Com muito amor, agradeço a minha companheira, parceira, amiga e namorada Daiane Rosso, por me acompanhar, apoiar, ajudar e aturar durante os longos anos de mestrado e doutorado. Obrigado também a minha sogra, Luiza, por estar sempre presente e por preparar comidas deliciosas que me mantiveram apto a superar os desafios enfrentados. Agradeço de coração a todos, pois sem o apoio de vocês, nada disso não seria possível.

Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento, estresse e aspectos reprodutivos de um peixe Neotropical

RESUMO

A utilização dos recursos pesqueiros através da pesca esportiva cresce em número de praticantes em países em desenvolvimento, como o Brasil. Assim, o manejo dessa atividade merece atenção, pois sua gestão inadequada pode gerar impactos negativos sobre as populações de peixes exploradas. Uma alternativa que tem sido aplicada em vários países é a utilização do pesque e solte (PS) como ferramenta para conservação de estoques de peixes esportivos. A eficácia do PS e da sua utilização como uma ação de manejo está baseada no pressuposto de que o peixe liberado irá sobreviver, ter seu bem-estar garantido e contribuir reprodutivamente para sua população. Nesse contexto, as avaliações de distúrbios fisiológicos, bem como a determinação dos efeitos do PS sobre a reprodução, são as mais usuais para examinar o bem-estar e condição dos peixes. Assim, foram testadas experimentalmente as hipóteses (i) de que o PS contínuo não é um estressor que afeta o bem-estar e comportamento das populações exploradas e (ii) que o PS não exerce influência negativa sobre a reprodução de peixes Neotropicais. Para tanto, foi realizado um experimento com grupos populacionais de *Astyanax lacustris* isolados em tanques escavados, constituindo 4 grupos submetidos ao manejo pesqueiro de PS e 4 tanques de controle (C), sem nenhuma atividade de pesca. Foram avaliadas a mortalidade; a taxa de captura; a resposta imediata de predação da isca; os indicadores de estresse cortisol e glicose; o fator de condição; o índice gonadossomático; os estágios de desenvolvimento gonadal; e a ocorrência de desova. A taxa de captura e o comportamento de predação imediata das iscas diminuíram ao longo do tempo. Nas demais variáveis não ocorreram diferenças entre os peixes de PS e C. Apesar da mudança de comportamento observada, o PS não se demonstrou um estímulo capaz de causar estresse e efeitos negativos sobre os aspectos reprodutivos das populações de *A. lacustris*. Supõe-se que os peixes, após experimentarem a captura e liberação, conseguem reconhecer as iscas como ameaças e passam a evitá-las. Desse modo, consideramos que o PS pode ser conduzido sobre populações de peixes Neotropicais sem que haja prejuízos relacionados ao estresse fisiológico e reprodução. Assim, a atividade de PS tem potencial para ser conduzida em programas de manejo que objetivem a utilização sustentável dos recursos pesqueiros.

Palavras-chave: Pesca Esportiva. *Astyanax lacustris*. Taxa de captura. Recursos Pesqueiros. Conservação. Desenvolvimento Gonadal. Reprodução.

Catch-and-release effects over behavior, stress and reproductive aspects of a Neotropical fish

ABSTRACT

Utilization of fishery resources through recreational fishing is growing in numbers of practitioners in developing countries such as Brazil. Thus, the management of this activity deserve attention, because its improper management can lead to negative impacts over the fish populations exploited. An alternative that has been applied in many countries is the use of catch-and-release (CR) as a tool for conservation of game fish stocks. The effectiveness of the CR and its use as a management action is based on the assumption that the released fish will survive, have its welfare guaranteed and contribute reproductively to the exploited populations. In this context, assessments of physiological disturbances, as well as determining the effects of CR on the reproduction, are the most common to examine the welfare and condition of fish. Thus, they were tested experimentally the hypotheses (i) that the continuous CR is not a stressor that affects the welfare and behavior of the exploited populations and (ii) that the CR does not have a negative influence on the reproduction of Neotropical fish. For this purpose, an experiment was carried out with populations groups of *Astyanax lacustris* isolated in ponds, constituting 4 groups submitted to fishery management of CR and 4 ponds of control (C), without any fishing activity. Were assessed mortality, catch rate, immediate predation response to bait, stress indicators cortisol and glucose, condition factor, gonadosomatic index, gonadal development stages and occurrence of spawning. Except for the catch rate and behavior of immediate predation of baits, which decreased over time, there were no significant differences in the tested variables between the CR and C fish. Despite the observed behavioral changes, the CR did not prove to be a stimulus capable causing stress and negative effects on the reproductive aspects over the *A. lacustris* population. It is assumed that the fish populations are able to recognize baits as threats and after experiencing CR, they begin to avoid them. This way, we consider that CR can be conducted over Neotropical fish populations without damages related to physiological stress and reproduction. Thus, the CR activity has potential to be applied in management programs which aim the sustainable use of the fishery resources.

Keywords: Recreational Fishing. *Astyanax lacustris*. Catch Rate. Fishery Resources. Conservation. Gonadal Development. Reproduction.

Tese elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Brazilian Journal of Biology*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/revistas/bjb/pinstruc.htm>>

*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento e captura de uma espécie de peixe Neotropical.....	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 <i>Local de estudo e origem dos peixes</i>	13
2.2 <i>Desenho experimental</i>	13
2.3 <i>Pescaria e coleta de peixes</i>	15
2.4 <i>Resposta de predação imediata</i>	15
2.5 <i>Taxa de captura</i>	15
2.6 <i>Coleta e análises sanguíneas</i>	16
2.7 <i>Análise de dados</i>	16
3. RESULTADOS.....	17
4. DISCUSSÃO	18
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 2: Efeitos do pesque e solte sobre aspectos reprodutivos de um peixe Neotropical.....	25
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 <i>Local de estudo e origem dos peixes</i>	28
2.2 <i>Desenho experimental</i>	29
2.3 <i>Pescaria e coleta de peixes</i>	30
2.4 <i>Análise de gônadas</i>	30
2.5 <i>Fator de condição e índice gonadosomático</i>	31
2.6 <i>Avaliação de mortalidade e ocorrência de proles</i>	31
2.7 <i>Análise de dados</i>	31
3. RESULTADOS.....	32
4. DISCUSSÃO	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

CAPÍTULO 1: Efeitos do pesque e solte sobre o comportamento e captura de uma espécie de peixe Neotropical

RESUMO

A eficácia do pesque e solte (PS) é caracterizada pela sobrevivência e bem-estar do peixe após sua liberação. Quando o peixe é manipulado de forma adequada, sem ocorrência de lesões significativas, o PS garante altas taxas de sobrevivência. Nesse contexto, as avaliações de distúrbios fisiológicos, tais como indicadores de estresse, são as mais usuais para examinar o bem-estar dos peixes. Assim, neste estudo testou-se a hipótese de que o PS contínuo não é um estressor que afeta o bem-estar e comportamento da população explorada. Para tanto, foi realizado um experimento com 4 tanques submetidos ao manejo pesqueiro de PS e 4 tanques de controle (C) sem nenhuma atividade de pesca. Foram avaliadas a mortalidade, a taxa de captura, a resposta imediata de predação da isca e os indicadores de estresse cortisol e glicose em *Astyanax lacustris*. Não ocorreu morte de nenhum indivíduo e os níveis de cortisol e glicose não diferiram entre os grupos de PS e C, porém houve redução na taxa de captura e mudanças no comportamento de predação das iscas ao longo do tempo em PS. Apesar da mudança de comportamento observada, o PS não se demonstrou um estímulo capaz de causar estresse na população de *A. lacustris*. Supõe-se que as populações de peixes conseguem reconhecer as iscas como ameaças e após experimentarem a captura e liberação, passam a evitá-las. Desse modo, consideramos que o PS pode ser conduzido sobre populações de peixes Neotropicais sem que haja prejuízos relacionados ao estresse fisiológico.

Palavras-chave: Pesca Esportiva. *Astyanax lacustris*. Estresse. Taxa de captura. Predação.

Effects of catch-and-release over behavior and capture of a Neotropical fish species

ABSTRACT

The effectiveness catch-and-release (CR) is characterized by the fish survival and welfare after its release. When the fish is properly handled, without occurrence of significantly injuries, the CR can assure high survival rates. In this context, the assessments of physiological disorders, such as stress indicators, are the most common ones to examine the fish welfare. Thus, in this study it was tested the hypothesis that the continuous CR is not a stressor which affects the welfare and behavior of exploited population. To this purpose, an experiment was carried out with 4 ponds submitted to CR fishing management and 4 ponds of control (C) without any fishing activity. They were evaluated the mortality, catch rate, immediate predation response to bait, stress indicators cortisol and glucose in *Astyanax lacustris*. There was no death of any individual and the cortisol and glucose levels did not differ between CR and C groups, however there was decrease in the catch rate and changes in the predation behavior of bait over time in CR. Despite the behavior changes observed, the CR did not show itself a stimulus capable of causing stress in *A. lacustris* population. It is assumed that fish populations are able to understand that baits can be consider threats and after experiencing CR, they begin to avoid them. This way, we consider that the CR can be conducted over Neotropical fish populations without damages related to physiological stress.

Keywords: Sport Fishing. *Astyanax lacustris*. Stress. Catch Rate. Predation.

1. Introdução

No Brasil a pesca esportiva tem apresentado notável crescimento nas últimas décadas (Barroco e Freitas, 2014). Essa atividade é caracterizada pela prática do pesque e solte (PS) e não apresenta cotas de captura (IBAMA, 2009). Entretanto, a eficácia dessa modalidade de pesca, é caracterizada pela sobrevivência e bem-estar do peixe após sua liberação (Cooke et al., 2002; Cooke e Suski, 2005).

Os efeitos do PS sobre os peixes brasileiros ainda não são totalmente conhecidos, podendo provocar a morte dos indivíduos liberados (Chaves e Freire, 2012; Lennox et al., 2015). Além disto, essa prática pode causar distúrbios subletais, tais como perturbações fisiológicas, alterações comportamentais, deficiências de crescimento e fracassos reprodutivos (Cooke et al., 2002; Cooke e Suski, 2005). Ressalta-se que a maior parte dos estudos realizados no Brasil têm foco na avaliação de mortalidade após a liberação (Chaves e Freire, 2012), os chamados impactos letais da modalidade (Pollock e Pine, 2007).

Por outro lado, quando o peixe é manipulado forma adequada, sem a ocorrência de injúrias significativas, o PS garante altas taxas de sobrevivência (Sanches e Piana, 2019). Uma vez que não ocorre mortalidade, as avaliações de distúrbios fisiológicos, tais como indicadores de estresse, são as mais usuais para examinar questões de bem-estar dos peixes (Sepulchro et al., 2013). Sendo que estressores associados ao PS podem afetar a condição dos peixes, conduzindo a efeitos em nível populacional (Cooke and Suski, 2005; Arlinghaus et al., 2007). Nesse contexto, os indicadores de estresse, como cortisol e glicose, têm sido amplamente usados pra indicar status de bem-estar e alterações comportamentais, ajudando assim a entender impactos do PS (Morrissey et al., 2005; Landsman et al., 2011; Sopinka et al., 2016).

O PS pode garantir altas taxas de sobrevivência, entretanto ainda não é possível afirmar se essa atividade é capaz de prejudicar a saúde, bem-estar e comportamento dos peixes (Hall et al., 2017). Assim, neste estudo testou-se experimentalmente a hipótese de que o pesque e solte contínuo não é um estressor que afeta o bem-estar e comportamento da população explorada. Para esse fim, foram avaliadas a mortalidade, a taxa de captura, a resposta de predação imediata da isca e os indicadores de estresse cortisol e glicose em *Astyanax lacustris* submetidas ao PS.

2. Material e métodos

2.1 Local de estudo e origem dos peixes

O estudo foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Toledo, em conformidade com o Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da instituição. Mil peixes adultos da espécie *Astyanax lacustris* (500 fêmeas e 500 machos) foram adquiridos em um empreendimento de piscicultura comercial localizado no município de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná. Os indivíduos foram transferidos e estocados em tanques de cultivo no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental – InPAA, pertencente a UNIOESTE (Figura 1).

O lambari do rabo amarelo ou tambuí, *A. lacustris*, foi escolhido como um modelo para a realização do estudo. As espécies do gênero *Astyanax* são frequentemente utilizadas como modelos biológicos experimentais para estudos científicos (Drummond et al., 2000; Felizardo et al., 2012; Gomes et al., 2013; Yasui et al., 2015), principalmente relacionados a biologia (Chehade et al., 2014), ecotoxicologia (Bettim et al., 2015) e fisiologia reprodutiva (Pereira-Filho et al., 2011; Gomes et al., 2013; Costa et al., 2014; Jesus et al., 2017; Adolphi et al., 2015; Brambila-Souza, 2015; Gomes, 2015; Yasui et al., 2015).

Para isolar impactos causados pelo procedimento de transporte e manipulação (Sanches e Piana, 2019), os peixes usados no experimento permaneceram em quarentena durante 2 meses no InPAA, período em que foram alimentados e vistoriados diariamente para observação de mortalidade. Após esse período, os peixes foram distribuídos em 8 tanques de 12 m² em quantidade de 48 fêmeas e 48 machos em cada tanque (Figura 1). Para evitar a entrada de peixes e outros predadores, bem como a evasão de indivíduos dos grupos populacionais, os tanques foram cobertos com tela antipássaro (malha 50 mm) e tiveram as entradas e saídas de água protegidas por telas de 3 mm de malha. O experimento foi realizado entre os meses de fevereiro e maio de 2019.

2.2 *Desenho experimental*

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 tanques por bloco, com objetivo de controlar possíveis interferências espaciais relacionadas ao posicionamento das unidades experimentais (Figura 1). Foram selecionados aleatoriamente dois tanques em cada bloco para simular o manejo pesqueiro constituído somente pelo PS, enquanto os outros dois serviram de controle (C), sem nenhuma atividade de pesca. Posteriormente à distribuição dos peixes, foram reservados 15 dias para observação de mortalidade e então se deu início às coletas de peixes e pescarias experimentais.

A partir de experiências anteriores, foi observado que após um peixe ser fígado e liberado, em uma lagoa para avaliação de impactos de pesque e solte, o comportamento dos

demais peixes, que inicialmente era de frenesi para pegar o alimento (isca) mudava, de modo que as capturas diminuía e as investidas nas iscas praticamente cessavam. Através destas observações, pressupõe-se que o estresse estaria afetando toda a população em confinamento, induzindo a alteração no comportamento dos peixes. Dessa maneira, optamos por fazer uma avaliação na população como um todo e não no indivíduo capturado e liberado.

Com base neste pressuposto, buscou-se avaliar os efeitos causados pelo pesque e solte a nível populacional sobre a taxa de captura, predação imediata das iscas e indicadores de estresse nos peixes ao longo de 60 dias de pesque e solte. O estudo foi realizado em conjunto com uma avaliação dos efeitos do pesque e solte sobre aspectos reprodutivos da espécie (capítulo 2), para esse fim, 4 machos e 4 fêmeas foram retirados de cada tanque de PS e C quinzenalmente. Nos intervalos entre as coletas de peixes, foram realizados 4 períodos de pesca experimental (P1, P2, P3 e P4) nos tanques de PS. As pescarias experimentais tiveram duração de 30 minutos e foram realizadas a cada 3 dias, permitindo assim a verificação de possíveis óbitos à curto prazo (Pollock e Pine, 2007). Após 60 dias, foram coletadas 4 fêmeas de cada tanque (PS e C) para coleta sanguínea, obtenção de comprimento total (Lt), padrão (Ls) e peso (Wt) e, em seguida, os tanques foram esgotados e os peixes retirados para contagem e verificação de mortalidade (Figura 1).

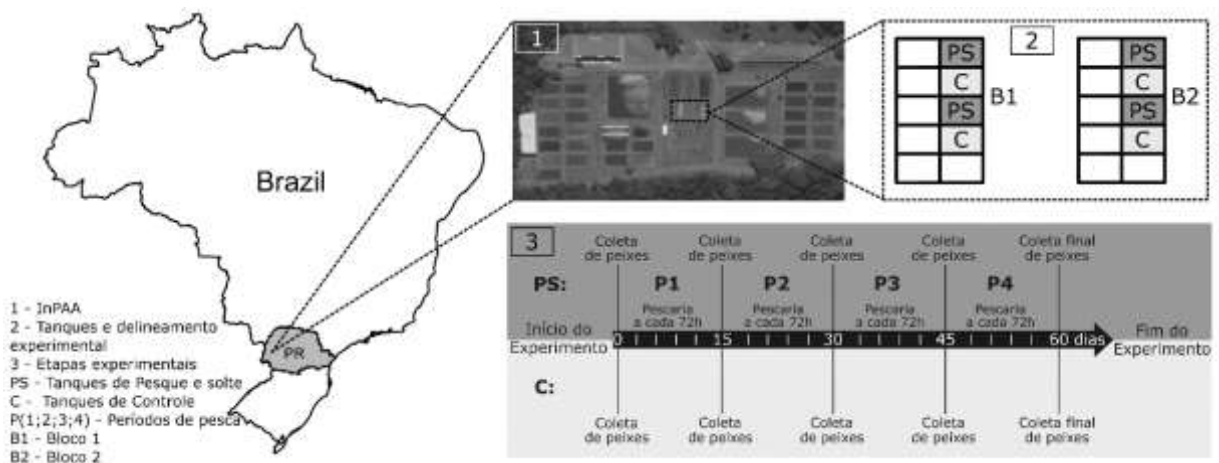


Figura 1 – Local do estudo: Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental - InPAA, Toledo PR (1); delineamento (2); e etapas experimentais (3).

Os peixes foram alimentados diariamente e os tanques vistoriados para observar possível morte de indivíduos durante o experimento. As variáveis físicas e químicas da água foram mensuradas durante os dias de pesca, essas permaneceram dentro dos limites aceitáveis (Temperatura: 23,7 e 26,9 °C; Oxigênio dissolvido: 3,8 e 5,5 mg/L; pH: 7,07 e 7,98) para a sobrevivência e cultivo da espécie (Garutti, 2003).

2.3 Pesca e coleta de peixes

Os equipamentos utilizados nas pescarias foram conjuntos compostos por vara de bambu com comprimento médio de 2 m, linha de nylon de 15 lb, anzol em J com farpas e como iscas, minhocas. O protocolo de pesca aplicado foi: fígada do peixe; seguida de 30 s de briga (tempo médio de aparente exaustão para espécie, obtido a partir de experimento piloto); retirada do peixe da água; exposição ao ar por período de 1 minuto, durante o qual foi identificado o sexo do peixe e registrada a captura; liberação do peixe de volta ao tanque. Nos dias de pesca, os tanques de controle foram alimentados com minhocas (iscas) para observação de resposta de predação imediata a apresentação das mesmas, o que também foi registrado para os tanques de PS.

Na coleta final de peixes, utilizou-se uma rede de despesca e a partir dos peixes capturados foram selecionados aleatoriamente quatro machos e quatro fêmeas, os quais foram suprimidos das populações. Em ambas situações (pescaria e coleta de peixes) a diferenciação sexual foi realizada por meio da presença de aspereza na nadadeira anal, constituída por espículos nos machos, enquanto a nadadeira anal das fêmeas configurava-se por aspecto liso, bem como por diferenças morfológicas como tamanho do corpo (fêmea consideravelmente maior que o macho) de acordo com Garutti (2003).

2.4 Resposta de predação imediata

A determinação da resposta de predação imediata, para avaliar o comportamento de investida ou evitação dos peixes às iscas, foi realizada a partir de observações registradas no início de cada pescaria experimental. Dessa maneira, as iscas foram lançadas na água e então registrada a ocorrência ou não de investida nas mesmas dentro do intervalo de 3 s após atingir a água. A resposta foi considerada positiva quando registrada investidas em mais de 50% dos tanques no período de pesca. A metodologia seguida nos tanques de PS foi o lançamento das iscas e anzóis na água enquanto em C foram utilizadas somente iscas, sem anzóis.

2.5 Taxa de captura

Com os valores do total de peixes e total de capturas registradas nos tanques de PS em cada período de pesca, foram calculadas as taxas de captura (T_c), dada pela equação:

$$T_c = N_c/N_t$$

na qual N_c : número de peixes capturados no período; e N_t : total de peixes no tanque no período) para cada uma das réplicas. A partir desses dados, foram avaliadas as capturas ao longo dos 60 dias de experimento.

2.6 Coleta e análises sanguíneas

Para o fim determinado, optou-se por utilizar peixes do sexo feminino devido ao seu tamanho corporal maior, disponibilizando quantidade mínima de sangue necessária às análises a serem realizadas (situação observada em experimento piloto). Dessa maneira, quatro fêmeas de cada tanque de PS e C foram capturadas e transferidas rapidamente, dentro de baldes de 20L, até o Laboratório de Tecnologia da Reprodução de Animais Aquáticos Cultiváveis - LATRAAC, localizado dentro do InPAA, onde foram realizadas as coletas e análises sanguíneas de cortisol e glicose.

No LATRAAC os peixes foram submetidos a eutanásia em solução de benzocaína (250 mg/L) e tiveram sangue coletado através de punção venosa na região caudal, com seringas descartáveis de 1mL. Com o sangue coletado, foram determinados os níveis de glicose através da metodologia enzimática-colorimétrica (cat. 434), cuja atividade enzimática foi padronizada em 37 °C, com kit comercial da ANALISA[®]. Enquanto os níveis de cortisol foram obtidos por meio da metodologia com ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA) à temperatura ambiente (20 °C), com kit comercial da *DIAGNOSTIC BIOCHEM CANADA*[®].

2.7 Análise de dados

Para a avaliação das taxas de captura (T_c), os dados registrados foram transformados em logaritmo neperiano (\ln) para melhor ajuste do modelo. Em posse desses valores foi realizada uma análise de regressão com os valores ao longo do tempo ($T_c = T_{c0} \cdot \exp(-kt)$; no qual T_{c0} : é a taxa de captura no momento 0 e k : é o coeficiente angular da regressão). A partir dos resultados foi possível avaliar a resposta dos peixes à atividade frequente de PS.

As comparações dos valores registrados para L_s e W_t dos indivíduos e cortisol e glicose (média dos valores de cada tanque), entre os grupos de PS e C, foram realizadas através de Análises de Variâncias de Efeitos Principais (*Main Effects* ANOVA). Cada característica foi avaliada individualmente, com significância de 5%. Para verificar a confiabilidade dos resultados das ANOVA, foram checados os pressupostos sobre os resíduos através da aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias de Levene. Alcançados tais pressupostos, os resultados das ANOVA foram interpretados (Scheiner e Gurevitch, 2001). As análises estatísticas foram efetuadas no *software Statistica 7.1* (StatSoft, Inc., 2005).

As observações de resposta a predação imediata das iscas foram descritas e discutidas com relação a T_c e aos indicadores de estresse nos tanques de PS.

3. Resultados

Não foi identificado efeito entre os blocos para as análises realizadas, bem como não ocorreu morte de nenhum indivíduo tanto nos tanques de pesca como nos de controle. Durante o experimento, as quantidades de peixes capturados nos 4 tanques de PS foram: 26 (15 fêmeas e 11 machos), 26 (19 fêmeas e 7 machos), 33 (21 fêmeas e 12 machos) e 27 (19 fêmeas e 8 machos).

A taxa de captura (T_c) diminuiu significativamente ao longo dos 60 dias ($R^2 = 0,523$; $F_{(1,14)} = 17.463$, $p < 0.001$), indicando que os peixes mudaram seu comportamento e passaram a evitar o anzol com a isca (Figura 2). O comprimento ($F_{(1,5)} = 0.015$, $p = 0.907$) e peso ($F_{(1,5)} = 0.106$, $p = 0.757$) foram semelhantes entre os peixes de PS e C, de maneira que T_c e os efeitos dos indicadores de estresse (cortisol e glicose) não foram relacionados a essas características.

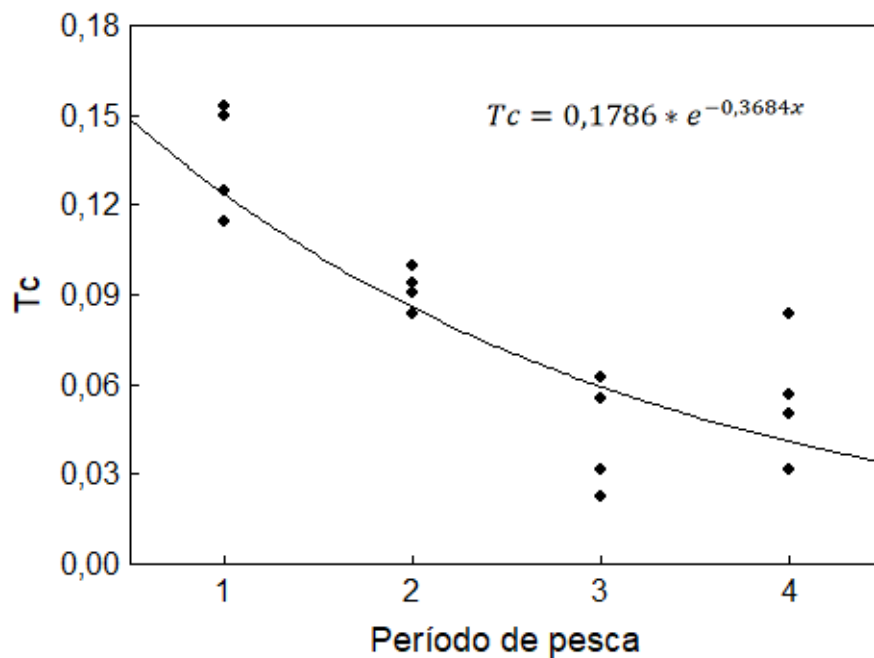


Figura 2 – Taxa de captura (T_c) nos períodos de pesque e solte, equação e curva da regressão.

Os níveis de cortisol ($F_{(1,5)} = 0.097$, $p = 0.768$) e glicose ($F_{(1,5)} = 0.261$, $p = 0.631$) não diferiram entre os peixes de PS e C, indicando que os peixes em ambos os grupos não estavam vivendo em situação distintas de estresse (Figura 3). Resultados que sugerem que a redução na T_c não estava relacionada ao estresse a nível populacional em que os peixes de PS estariam submetidos.

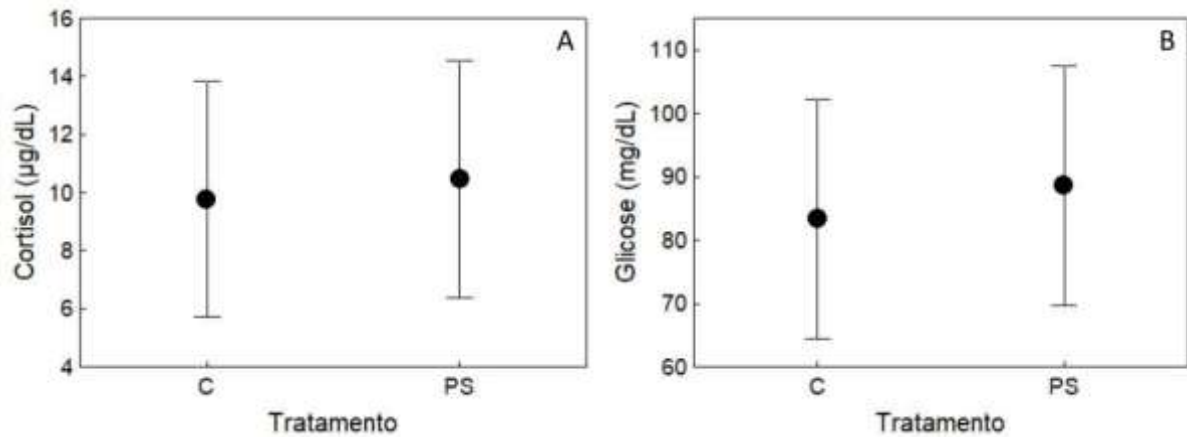


Figura 3 – Média \pm Intervalo de confiança a 95% para valores de: A – Cortisol ($\mu\text{g/dL}$); B – Glicose (mg/dL), para *A. lacustris* submetidos ao pesque e solte (PS) e controle (C), ao fim dos 60 dias experimentais.

Durante o primeiro período de pesca (P1), a resposta dos peixes à apresentação das minhocas foi a predação imediata para PS e C. Nos demais períodos (P2, P3 e P4) as respostas nos tanques de PS não foram mais imediatas, diferente do que ocorreu para os tanques C, nos quais a predação permaneceu instantânea ao longo do experimento (Tabela 1).

Tabela 1 - Ocorrência de predação imediata à apresentação da isca nos tratamentos ao longo dos períodos de pesca:

Período de pesca:	Ocorrência de predação imediata:	
	Pesque e solte:	Controle:
P1	Sim	Sim
P2	Não	Sim
P3	Não	Sim
P4	Não	Sim

4. Discussão

Como os índices de cortisol e glicose não foram distintos entre os peixes de PS e C, considera-se que a atividade do PS não foi um estímulo capaz de proporcionar um ambiente de estresse. Resultados semelhantes também foram relatados para o híbrido tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) por Varandas et al. (2013) que não identificaram diferenças na taxa de glicose entre grupos de PS e C. Sepulchro et al. (2013), também verificaram que os indicadores de cortisol e glicose estiveram dentro de parâmetros aceitáveis e não foram distintos entre tratamentos de PS para piranha vermelha, *Pygocentrus nattereri*. Por outro lado, alguns cientistas já afirmaram que o estresse relacionado a captura e liberação pode causar impactos nos indivíduos, com efeitos a nível populacional (Cooke and Suski, 2005; Arlinghaus et al., 2007). Entretanto, no presente estudo não foram encontrados indícios de efeitos nas populações.

Dessa maneira, a redução na taxa de captura e a mudança de comportamento com relação a predação imediata das iscas em PS, não foram explicadas pelo fato de os peixes estarem vivendo em um ambiente de estresse. Nesse contexto, Sopinka et al. (2016) citam que a redução e modificação no comportamento alimentar de um peixe não indica necessariamente que ele está experimentando estresse, sendo que outros fatores podem influenciar nesse comportamento, como ausência de fome ou histórico alimentar anterior.

Em estudo semelhante a esse, Varandas et al. (2013) citaram não ocorrer evitação de iscas e anzóis por parte dos peixes, demonstrando que para esses, o estímulo da pesca não estabeleceu qualquer tipo de comunicação intraespecífico. Já para o *Astyanax lacustris*, uma vez que houve o comportamento de evitação a isca e anzol e redução da taxa de captura, supõe-se que ocorreu algum tipo de comunicação e aprendizado entre os indivíduos da população.

Sugerimos que a mudança de comportamento observada, pode ser explicada pela capacidade de comunicação e aprendizado dos peixes. Sendo que os sistemas de comunicação desses, envolvem a expressão, transmissão e recepção de sinais visuais, químicos, acústicos ou elétricos, de maneira individual ou combinada (Sluijs et al., 2011). Assim, os peixes têm habilidade de reconhecer potenciais ameaças através de sentidos visuais e não visuais, tais como percepção de sinais químicos (Fiori et al., 2018).

Acreditamos que os indivíduos dos tanques de PS tiveram a percepção de que as iscas e anzóis fossem uma ameaça e mudaram de comportamento passando evitá-las. Essa percepção pode ter ocorrido através da comunicação por estímulos sensoriais, visuais e/ou químicos, após as capturas e liberações no primeiro período de pesca. Os peixes podem apresentar a capacidade de perceber e aprender a identificar riscos ao visualizarem outro de sua espécie sendo predado ou passarem por situações de ameaça (Lima e Dill, 1990; Barcellos et al., 2010; Fiori et al., 2018), nesse caso serem capturados. As mudanças de comportamento observadas nesse estudo foram semelhantes às que peixes apresentam em situação de risco de ameaça de predação.

A ameaça de predação pode resultar em mudanças de comportamento do peixe para reduzir o risco de mortalidade (Werner & Peacor, 2006; Hoeinghaus & Pelicice, 2010; Fiori et al., 2018). As respostas comportamentais de antipredação incluem a redução da capacidade natatória, peixe em estado vigilante e maior tempo gasto em refúgios (Kovalenko et al., 2010; Hoeinghaus & Pelicice, 2010; Ajemian et al., 2015). Ou seja, o peixe também diminui a busca por alimento e evita as possíveis ameaças, o que resulta em menores taxas de captura e evitação das iscas e anzóis.

Após a percepção de que as iscas e anzóis eram uma ameaça, acredita-se que os peixes passaram a não apresentar altos níveis de cortisol e glicose no sangue como resposta ao estímulo

da pesca. Cientistas já identificaram que algumas espécies de peixes como zebrafish, *Danio rerio*, tem a habilidade de aprender sobre situações perigosas, e assim, não apresentam altos níveis de indicadores de estresse após prolongado contato visual com ameaças (Barcellos et al., 2007; Barcellos et al., 2010). O mesmo também é conhecido para o guppy (*Poecilia reticulata*) frente a sinais químicos dos predadores (Fischer et al., 2014).

Varandas et al. (2013) acreditam que devido a longa duração desse tipo de experimento, os peixes podem se adaptar fisiologicamente aos estímulos repetidos da pesca para resistir ao estresse. Dessa maneira, os peixes podem perder a sensibilidade frente aos estressores, como proposto por Martins et al. (2002). Contudo, Fiori et al. (2018) consideraram existir um mecanismo adaptativo que permite ao peixe avaliar o grau da ameaça e manter o seu estado metabólico mais próximo possível do normal. Isso explica o que foi observado com relação aos peixes de PS não apresentarem índices elevados nos indicadores de estresse frente ao C, entretanto apresentarem comportamento diferente com relação a apresentação das iscas.

Apesar da mudança de comportamento observada, o pesque e solte não se demonstrou um estímulo capaz de causar estresse na população de *A. lacustris*. Desse modo, a atividade pode ser conduzida sobre populações de peixes Neotropicais sem que haja prejuízos relacionados ao estresse fisiológico dos indivíduos. Supõe-se que as populações de peixes conseguem reconhecer as iscas como potenciais ameaças e após experimentarem a captura e liberação, passam a evitá-las. Dessa maneira, do ponto de vista do pescador esportivo, é interessante variar a isca utilizada para facilitar a captura em cardumes ou em locais de pesca frequente. Essa pesquisa também serve como um indício de que as atividades de pesca conduzidas em pesqueiros, conhecidos como pesque-e-pagues, não é um fator de estresse para a população de peixes estocada nos seus tanques. Por fim, ressaltamos que o pesque e solte deve sempre ser realizado de maneira a reduzir o estresse e lesões nos peixes.

5. Referências bibliográficas

- ADOLFI, M.C., CARREIRA, A.C.O., JESUS, L.W.O., BOGERD, J., FUNES, R.M., SCHAT, M., SOGAYAR, M.C. e BORELLA, M.I., 2015. Molecular cloning and expression analysis of *dmrt1* and *sox9* during gonad development and male reproductive cycle in the lambari fish, *Astyanax altiparanae*. *Reproductive Biology and Endocrinology*, vol. 13, pp 1-15. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-13-2>
- AJEMIAN, M. J., SOHEL, S. e MATTILA, J., 2015. Effects of turbidity and habitat complexity on antipredator behavior of three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Environmental Biology of Fishes*, vol. 98, pp. 45-55. <https://doi.org/10.1007/s10641-014-0235-x>
- ARLINGHAUS, R., COOKE, S.J., LYMAN, J., POLICANSKY, D., SCHWAB, A., SUSKI, C., SUTTON, S.G. e THORSTAD, E.B., 2007. Understanding the complexity of catch-and-

release in recreational fishing: an integrative synthesis of global knowledge from historical, ethical social, and biological perspectives. *Reviews in Fisheries Science*, vol. 15, pp. 75–167. <http://dx.doi.org/10.1080/10641260601149432>.

BARCELLOS, L. J. G., MARQUEZE, A., TRAPP, M.; QUEVEDO, R. M. e FERREIRA, D., 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, vol. 300, pp. 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.013>

BARCELLOS, L. J. G.; RITTER, F.; KREUTZ, L. C.; QUEVEDO, R. M.; SILVA, L. B.; BEDIN, A. C. FINCO, J. e CERICATO, L., 2007. Whole-body cortisol increases after direct and visual contact with a predator in zebrafish, *Danio rerio*. *Aquaculture*, vol. 272, pp. 774-778. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.002>

BARROCO, L.S.A. e FREITAS, C.E. de C., 2014. A pesca esportiva na Amazônia: implicações para a sustentabilidade dos estoques pesqueiros e da atividade. *Scientia Amazonia*, vol. 3, n. 2, pp. 93-99.

BETTIM F.L., GALVAN G.L., CESTARI M.M., YAMAMOTO C.I. e SILVA DE ASSIS, H.C., 2015. Biochemical responses in freshwater fish after exposure to water-soluble fraction of gasoline. *Chemosphere*, vol. 144, pp.1467-1474.

BRAMBILA-SOUZA, G., 2015. *Biologia reprodutiva de fêmeas de Astyanax fasciatus com números de cromossomos diferentes vivendo em ambiente natural e no cativeiro*, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Fisiologia. Dissertação de Mestrado em Ciências.

CHAVES, P. de T. e FREIRE, K.M.F., 2012. A pesca esportiva e o pesque-e-solte: pesquisas recentes e recomendações para estudos no Brasil. *Bioikos*, vol. 26, no. 1, pp. 29-34.

CHEHADE, C., CASSEL, M., BORELLA, M.I. e COSTA, F.G., 2014. Morphologic study of the liver of lambari (*Astyanax altiparanae*) with emphasis on the distribution of cytokeratin. *Fish Physiol Biochem*, vol. 40, pp. 571-6.

COOKE, S.J. e SUSKI, C.D., 2005. Do we need species-specific guidelines for catch-and-release angling to conserve diverse fishery resources?. *Biodiversity and Conservation*, vol. 14, pp. <https://doi.org/1195-1209>. 10.1007/s10531-004-7845-0.

COOKE, S.J., SCHREER, J.F., DUNMALL, K.M. e PHILIPP, D.P., 2002. Strategies for quantifying sublethal effects of marine catch-and-release angling: insights from novel freshwater applications. *American Fisheries Society Symposium* 30, pp. 121–134.

COSTA, F.G., ADOLFI, M.C., GOMES, C.C., JESUS, L.W.O., BATLOUNI, S.R. e BORELLA, M.I., 2014. Testes of *Astyanax altiparanae*: The Sertoli cell functions in a semicyclic spermatogenesis. *Micron*, vol. 61, pp. 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2014.02.004>

DRUMMOND, C.D., BAZZOLI, N., RIZZO, E. e SATO, Y., 2000. Postovulatory follicle: a model for experimental studies of programmed cell death or apoptosis in teleosts. *Journal of Experimental Zoology*, vol. 287, n. 2, pp. 176-182. [https://doi.org/10.1002/1097-010X\(20000701\)287:2%3C176::AID-JEZ8%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1097-010X(20000701)287:2%3C176::AID-JEZ8%3E3.0.CO;2-2)

FELIZARDO, V. O., MURGAS, L.D., ANDRADE, E.S., LÓPEZ, P.A., FREITAS, R.T. e FERREIRA, M.R., 2012. Effect of timing of hormonal induction 26 on reproductive activity in

lambari (*Astyanax bimaculatus*). *Theriogenology*, vol. 77, pp. <https://doi.org/1570-1574.10.1016/j.theriogenology.2011.11.025>

FIORI, L.F., FIGUEIREDO, B.R.S., PAVANELLO, A., ALVES, V.S., MATHIAS, P.C.F. e BENEDITO, E., 2018. *Iheringia*, Série Zoologia, vol 108, 6 p. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018032>

FISCHER, E. K., HARRIS, R. M.; HOFMANN, H. A. e HOKE, K. L., 2014. Predator exposure alters stress physiology in guppies across timescales. *Hormones and Behavior*, vol. 64, pp. 165-172. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2013.12.010>

GARUTI, V., 2003. *Piscicultura Ecológica*. São Paulo: Editora UNESP, vol. 1, 332p.

GOMES, C. C., 2015. *Expressão das diferentes formas de GnRH no encéfalo de lambari (Astyanax altiparanae)*. São Paulo: Universidade de São Paulo - Instituto de Ciências Biomédicas. Tese de Doutorado em Biologia Celular e Tecidual.

GOMES, C.C., COSTA, F.G. e BORELLA, M.I., 2013. Distribution of GnRH in the brain of the freshwater teleost *Astyanax altiparanae*. *Micron*, vol. 52, n. 53, pp 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2013.07.008>

HALL, K.C., BROADHURST, M.K., BUTCHER, P.A., CAMERON, L., ROWLAND, S.J. e MILLAR, R.B., 2017. Sublethal effects of angling and release on golden perch *Macquaria ambigua*: implications for reproduction and fish. *Journal of Fish Biology*, vol. 90, pp.1980–1998. <https://doi.org/10.1111/jfb.13282>

HOEINGHAUS, D. J. e PELICICE, F. M., 2010. [visualizado em 10 de janeiro de 2019] Lethal and nonlethal effects of predators on stream fish species and assemblages: A synthesis of predation experiments. *American Fisheries Society* 73, pp. 619-648. [online]. Disponível em: http://davinci.cascss.unt.edu/users/djhoeinghaus/Reprints/Hoeinghaus_&_Pelicice_2010_CommEcolStreamFishes.pdf

IBAMA, 2009. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria nº4, de 19 de março de 2009.

JESUS, L.W.O. DE, BOGERD, J., VIECELI, F.M., BRANCO, G.S., CAMARGO, M.P., CASSEL, M., MOREIRA, R.G., YAN C.Y.I. e BORELLA, M.I., 2017. Gonadotropin subunits of the characiform *Astyanax altiparanae*: Molecular characterization, spatiotemporal expression and their possible role on female reproductive dysfunction in captivity. *General and Comparative Endocrinology*, vol. 246, pp. 150-163. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.12.004>

KOVALENKO, K. E.; DIBBLE, E. D.; AGOSTINHO, A. A. e PELICICE, F. M., 2010. Recognition of non-native peacock bass, *Cichla kelberi* by native prey: testing the naiveté hypothesis. *Biological Invasions*, vol. 12, pp. 3071-3080. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9698-7>

LANDSMAN, S. J., WACHELKA, H. J., SUSKI, C. D. e COOKE, S. J., 2011. Evaluation of the physiology, behaviour, and survival of adult muskellunge (*Esox masquinongy*) captured and released by specialized anglers. *Fisheries Research*, vol. 110, n. 2, pp. 377–386. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.05.005>

LENNOX, R.J., BROWNSCOMBE, J.W., COOKE, S.J., DANYLCHUK, A.J., MORO, P.S., SANCHES, E.A. e GARRONE-NETO, D., 2015. Evaluation of catch-and-release angling

practices for the fat snook *Centropomus parallelus* in a Brazilian estuary. *Ocean & Coastal Management*, vol. 113, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1111/eff.12223>.

LIMA, S. L. e DILL, L. M., 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology*, vol. 68, n. 4, pp. 619-640. <https://doi.org/10.1139/z90-092>

MARTINS, M.L, MORAES, F.R. de, FUJIMOTO, R.Y., NOMURA, D.T. e FENERICK JUNIOR, J., 2002. Respostas do híbrido tambacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, macho x *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fêmea) a estímulos simples e consecutivos de captura. *Boletim do Instituto de Pesca*, vol. 28, pp. 195-204.

MORRISSEY, M. B., SUSKI, C. D., ESSELTINE, K. R. e TUFTS, B. L., 2005. Incidence and physiological consequences of decompression in smallmouth bass after live-release angling tournaments. *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 134, pp. 1038–1047. <https://doi.org/10.1577/T05-010.1>

PEREIRA FILHO, H.P., ANDRADE, D.R., TONINI, W.C.T. e VIDAL JR., M.V., 2011. Biologia reprodutiva de fêmeas de lambari-prata, *Astyanax scabripinnis* Jenyns, 1842 (Characidae; Tetragonopterinae; Teleostei) em condições de cativeiro. *Ciência animal brasileira*, vol.12, n.4, pp. 626–634.

POLLOCK, K.H. e PINE, W.E., 2007. The design and analysis of field studies to estimate catch-and-release mortality. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 14, pp. 123–130. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2007.00532.x>.

SANCHES, R. A. K. e PIANA, P. A., 2019. The influence of catch-and-release on mortality of *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816). *Brazilian journal of biology*, Online version, Ahead of print. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.204168>

SCHEINER, S. M. e GUREVITCH, J., 2001. *The design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press, USA. 2nd Ed, 415 p.

SEPULCHRO, L.C.O., PITOL, D.N., DUCA, C., SANTOS, M.R. e GOMES, L.C., 2013. The stress response of red piranha (*Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858)) to angling and air exposure. *Journal of Applied Ichthyology*, vol. 29, pp. 916–917. <https://doi.org/10.1111/jai.12121>.

SLUIJS, I.V.D, GRAY, S.M., AMORIM, M.C.P., BARBER, I., CANDOLIN, U., HENDRY, A.P., KRAHE, R., MAAN, M.E., UTNE-PALM, A.C., WAGNER, H. e WONG, B.B.M., 2011. Communication in troubled waters: responses of fish communication systems to changing environments. *Evolutionary Ecology*, vol. 25, n. 3, pp. 623–640. <https://doi.org/10.1007/s10682-010-9450-x>

SOPINKA, N.M., DONALDSON, M.R., O’CONNOR, C.M, SUSKI, C.D e COOKE, S.J., 2016. Stress Indicators in Fish. *Fish Physiology*, vol. 35, pp. 405-462. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802728-8.00011-4>

STATSOFT, INC. STATISTICA, 2005. Data analysis software system. Version 7.1 [software]. Tulsa: Statsoft, Inc.

VARANDAS, D.N., MARTINS, M.L., MORAES, F.R., RAMOS, F.M., SANTOS, R. F. B. e FUJIMOTO, R.Y., 2013. Pesque-solte: pesca repetitiva, variáveis hematológicas e parasitismo no peixe híbrido tambacu. *Pesquisa agropecuária brasileira*, vol. 48, n. 8, pp. 1058-1063. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000800035>

WERNER, E. E. e PEACOR, S. D., 2006. Lethal and nonlethal predator effects on an herbivore guild mediated by system productivity. *Ecology*, vol. 87, pp. 347-361. <https://doi.org/10.1890/05-0091>

YASUI, G.S., SENHORINI, J.A., SHIMODA, E., PEREIRA-SANTOS, M., NAKAGHI, L.S., FUJIMOTO, T., ARIAS-RODRIGUEZ, L. e SILVA, L.A., 2015. Improvement of gamete quality and its short-term storage: an approach for biotechnology in laboratory fish. *Animal*, vol. 9, pp. 464-70. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002511>

CAPÍTULO 2: Efeitos do pesque e solte sobre aspectos reprodutivos de um peixe Neotropical

RESUMO

A utilização dos recursos pesqueiros através da pesca recreativa cresce em número de praticantes em países em desenvolvimento, como o Brasil. Assim, o manejo dessa atividade merece atenção, pois sua gestão inadequada pode gerar impactos negativos sobre as populações de peixes exploradas. Uma alternativa que tem sido aplicada em vários países é a utilização do pesque e solte (PS) como ferramenta para conservação de estoques de peixes esportivos. Nesse contexto, a avaliação dos efeitos do PS sobre a reprodução dos peixes é primordial, pois a eficácia desta medida como ação de manejo está baseada no pressuposto de que o peixe liberado irá sobreviver e contribuir reprodutivamente para as populações exploradas. Assim, foi testado experimentalmente a hipótese de que o PS não exerce efeito negativa sobre a reprodução de peixes Neotropicais. Para tanto, foram avaliadas a mortalidade, o fator de condição, o índice gonadossomático, os estágios de desenvolvimento gonadal e a ocorrência de desova em *Astyanax lacustris* submetidos ao PS. O experimento foi realizado utilizando grupos populacionais isolados em tanques escavados, constituindo 4 grupos submetidos ao manejo pesqueiro de PS e 4 sem atividade de pesca. Não ocorreram diferenças significativas nas variáveis testadas entre os peixes de PS e de controle. Esses resultados servem como indícios de que o PS resulta em impactos irrelevantes para a reprodução de algumas espécies de peixes Neotropicais, demonstrando que a atividade de PS tem potencial para ser conduzida em programas de manejo que objetivem a utilização sustentável dos recursos pesqueiros.

Palavras-chave: Pesca Esportiva. *Astyanax lacustris*. Recursos Pesqueiros. Conservação. Desenvolvimento Gonadal.

Catch-and-release effects over reproductive aspects of a Neotropical fish

ABSTRACT

Utilization of fishery resources through recreational fishing is growing in numbers of practitioners in developing countries such as Brazil. Thus, the management of this activity deserve attention, because its improper management can lead to negative impacts over the fish populations exploited. An alternative that has been applied in many countries is the use of catch-and-release (CR) as a tool for conservation of game fish stocks. In this context, the evaluation of CR influence over fish reproduction is primordial, since the effectiveness of this measure as a management action is based on the assumption that released fish will survive and contribute reproductively to exploited populations. Thus, it was experimentally tested the hypothesis that CR do not exert negative effects on Neotropical fish reproduction. To this end, were assessed mortality, condition factor, gonadosomatic index, gonadal development stages and occurrence of spawning in *Astyanax lacustris* submitted to CR. The experiment was performed using isolated population groups in ponds, constituting 4 groups submitted to fishery management of CF and 4 without fishing activity. There were no significant differences in the variables assessed between CR and control fish. These results serve as evidences that CR results in irrelevant impacts on the reproduction of some Neotropical fish species, showing that the CR activity has potential to be conducted in management programs which aim the sustainable use of the fishery resources.

Keywords: Recreational Fishing. *Astyanax lacustris*. Fishery Resources. Conservation. Gonadal Development.

1. Introdução

A utilização dos recursos pesqueiros através da pesca recreativa tem importância social, econômica e ambiental ao redor do mundo. Essa atividade tem crescido em número de praticantes nas últimas décadas, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, como o Brasil (Cooke e Schramm, 2007; Barroco e Freitas 2014). Existe uma tendência de que, em países em desenvolvimento, a pesca comercial seja substituída pela recreativa (FAO, 2012). Assim, o manejo da atividade pesqueira recreativa merece atenção, pois a gestão inadequada desse setor pode gerar impactos negativos sobre as populações de peixes exploradas (Albano e Vasconcelos, 2013).

Nesse contexto, uma alternativa que tem sido aplicada em programas de manejo de recursos pesqueiros em vários países, é a utilização do pesque e solte (PS) como uma ferramenta para a conservação de estoques de espécies de peixes esportivos (Lucy e Studholme, 2002; Bartholomew e Bohnsack, 2005; Cooke e Schramm, 2007; Cooke et al., 2013). Porém, a eficácia de tais programas de manejo depende do alcance de altas taxas de sobrevivência e da minimização das consequências negativas à saúde do peixe após a sua liberação (Cooke et al., 2002; Cooke e Suski, 2005).

No Brasil, os impactos do pesque e solte sobre os peixes ainda não são bem conhecidos, podendo provocar a morte dos indivíduos liberados (Chaves e Freire, 2012; Lennox et al., 2015). Além disto, essa prática pode causar distúrbios subletais, tais como perturbações fisiológicas, alterações comportamentais, deficiências de crescimento e fracassos reprodutivos (Cooke et al., 2002; Cooke e Suski, 2005). Portanto, é necessária conhecer e identificar os efeitos dessa atividade para torná-la mais eficiente, de modo a atingir as metas de conservação (Sanches, 2015).

Assim, a avaliação da influência do PS sobre a reprodução dos peixes é primordial, pois a eficácia desta medida como ação de manejo, está baseada no pressuposto de que o peixe liberado irá sobreviver e contribuir reprodutivamente para sustentação das populações exploradas (Arlinghaus et al., 2007). Ainda não é possível afirmar se o PS é capaz de inibir ou prejudicar a reprodução ou a saúde do peixe (Hall et al., 2017). Deste modo, o entendimento dos efeitos dessa modalidade de pesca sobre os peixes é muito importante para ampliar as alternativas de manejo com vistas a conservação (Richard et al., 2013).

Para que o PS seja eficiente em seus objetivos como medida de conservação, ele não deve afetar negativamente a reprodução das espécies. Assim, neste estudo testou-se experimentalmente a hipótese de que o PS não exerce efeito sobre os aspectos reprodutivos de peixes Neotropicais. Para esse fim, foram avaliadas a mortalidade, o fator de condição, o índice

gonadossomático, o estágio de desenvolvimento gonadal e a ocorrência de desova em *Astyanax lacustris* submetidas ao PS.

2. Material e métodos

2.1. Local de estudo e origem dos peixes

O estudo foi realizado em conformidade com o Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Toledo. Mil indivíduos adultos de *Astyanax lacustris* (500 fêmeas e 500 machos) foram adquiridos em uma estação de piscicultura comercial no município de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná. Os peixes foram transferidos e estocados em tanques de cultivo no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental – InPAA, pertencente a UNIOESTE (Figura 1).

O lambari do rabo amarelo ou tambiú, *A. lacustris*, pertencente a ordem Characiformes, foi escolhido como um modelo para a avaliação dos efeitos do pesque e solte sobre a reprodução de peixes Neotropicais. As espécies do gênero *Astyanax*, apresentam características como o curto ciclo de vida; a reprodução natural em tanques sem a necessidade de indução hormonal; a capacidade de atingir maturidade sexual com aproximadamente quatro meses de vida; a aptidão a desova ao longo do ano inteiro, com média de 4 desovas anuais; e ao dimorfismo sexual no período reprodutivo, que favorecem a identificação de machos e fêmeas (Garutti, 2003; Baldisserotto e Gomes, 2005). Por isso são frequentemente utilizadas como modelos biológicos experimentais para estudos científicos (Drummond et al., 2000; Felizardo et al., 2012; Gomes et al., 2013; Yasui et al., 2015), principalmente relacionados a biologia (Chehade et al., 2014), ecotoxicologia (Bettim et al., 2015) e fisiologia reprodutiva (Pereira-Filho et al., 2011; Gomes et al., 2013; Costa et al., 2014; Jesus et al., 2017; Adolphi et al., 2015; Brambila-Souza, 2015; Gomes, 2015; Yasui et al., 2015).

Os peixes usados no experimento permaneceram em quarentena no InPAA durante 2 meses, período em que foram alimentados e vistoriados diariamente para observação de mortalidade, buscando isolar impactos causados pelo procedimento de transporte e manipulação (Sanches e Piana, 2019). Após esse período, os peixes foram distribuídos em 8 tanques de 12 m² em quantidade de 48 fêmeas e 48 machos em cada tanque (Figura 1). Para evitar a entrada de peixes e outros predadores, bem como a evasão de indivíduos dos grupos populacionais, os tanques foram cobertos com tela antipássaro (malha 50 mm) e tiveram as entradas e saídas de água protegidas por telas de aproximadamente 3 mm de malha. O experimento foi realizado entre os meses de fevereiro e maio de 2019.

2.2. Desenho experimental

Para controlar possíveis interferências espaciais relacionados ao posicionamento das unidades experimentais, o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 tanques por bloco (Figura 1). Em cada bloco foram selecionados aleatoriamente dois tanques para simular o manejo pesqueiro constituído somente pelo PS, enquanto os outros dois serviram de controle (C), sem nenhuma atividade de pesca. Posteriormente a distribuição dos peixes foram reservados 15 dias para observação de mortalidade e então deu-se início as coletas de peixes e pescarias experimentais.

A partir de experiências anteriores, foi observada a ocorrência de mudança no comportamento dos peixes em uma lagoa para avaliação de impactos de pesque e solte. Após um peixe ser fisgado e liberado, o comportamento inicial dos demais peixes, de atacar o alimento (isca), mudava e as investidas nas iscas e capturas diminuía. Dessa maneira, pressupõe-se que o estímulo do pesque e solte estaria afetando toda a população em confinamento. Assim, optamos por fazer uma avaliação na população como um todo e não no indivíduo capturado e liberado.

Assumindo este pressuposto, buscou-se avaliar os efeitos causados pelo pesque e solte a nível populacional sobre o desenvolvimento e maturação gonadal dos peixes. Para tanto, foram coletados quinzenalmente 4 machos e 4 fêmeas de cada tanque, durante um período de 60 dias, resultando em 5 coletas. Nos intervalos entre as coletas de peixes foram realizadas pescarias experimentais, com duração de 30 minutos, nos tanques de PS a cada 3 dias, verificando possíveis óbitos à curto prazo (Pollock e Pine, 2007). Ao final do experimento, os tanques foram esgotados e os peixes retirados para contagem, verificação de mortalidade e possível ocorrência de proles (Figura 1).

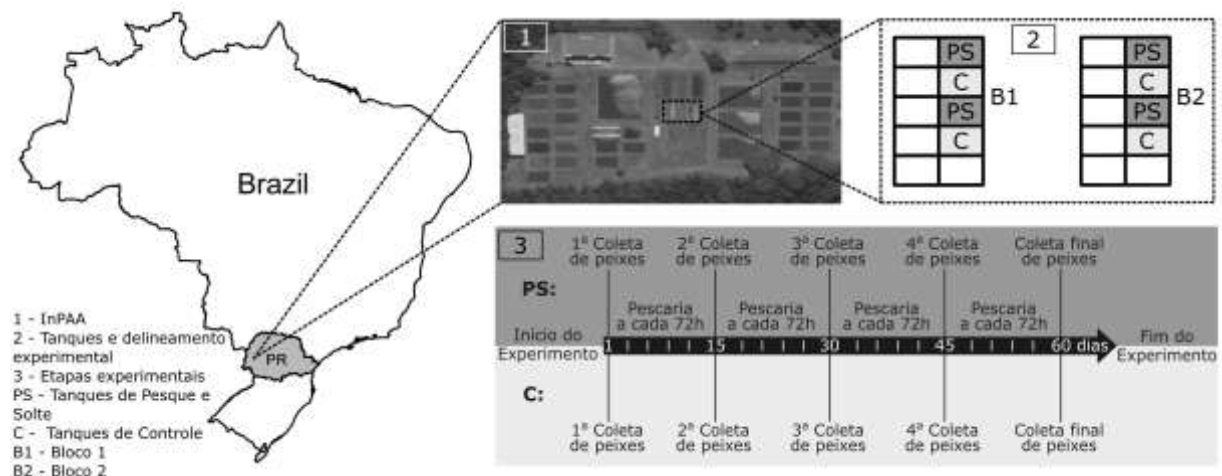


Figura 1 – Local do estudo: Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental - InPAA, Toledo PR (1); delineamento (2); e etapas experimentais (3).

Durante o experimento os tanques foram vistoriados e os peixes alimentados diariamente para observar possível morte de indivíduos. Também foram mensuradas as variáveis físicas e químicas da água, os quais permaneceram dentro dos limites aceitáveis (Temperatura: 23,7 e 26,9 °C; Oxigênio dissolvido: 3,8 e 5,5 mg/L; pH: 7,07 e 7,98) para a sobrevivência e cultivo da espécie (Garutti, 2003).

2.3. Pescaria e coleta de peixes

O protocolo de pescaria utilizado foi: fisgada do peixe; seguida de 30 s de briga (tempo médio de aparente exaustão para espécie, obtido a partir de experimento piloto); retirada do peixe da água; exposição ao ar por período de 1 minuto, durante o qual foi identificado o sexo do peixe e registrada a captura; liberação do peixe de volta ao tanque. Os equipamentos utilizados nas pescarias foram conjuntos compostos por vara de bambu com comprimento médio de 2 m, linha de nylon de 15 lb, anzol em J com farpas e como iscas, minhocas.

Nas coletas quinzenais de peixes, utilizou-se uma rede de despesca e a partir dos peixes capturados foram selecionados aleatoriamente quatro machos e quatro fêmeas. Após retirada dos tanques os peixes foram eutanasiados em solução de benzocaína (250 mg/L) e em seguida foram registrados o comprimento total e padrão (Lt e Ls em centímetros) e peso (Wt em gramas). As fêmeas tiveram as gônadas removidas, pesadas (Wg) e fixadas em solução de formol tamponado 10% (solução de tampão fosfato). Após 72h a solução foi substituída por álcool 70 para hidratação dos órgãos. Ao final das coletas, as gônadas foram preparadas para análise histológica e identificação do grau de maturação.

Em ambas situações (pescaria e coleta de peixes) a diferenciação sexual foi realizada por meio da presença de aspereza na nadadeira anal, constituída por espículos nos machos, enquanto a nadadeira anal das fêmeas configurava-se por aspecto liso, bem como por diferenças morfológicas como tamanho do corpo (fêmea consideravelmente maior que o macho) de acordo com Garutti (2003).

2.4. Análise de gônadas

Para a avaliação do estágio de maturação gonadal, os ovários foram seccionados na porção medial cranial e processados individualmente. As amostras foram desidratadas em séries crescentes de álcool, diafanizadas em xilol e incluídas em Paraplast[®] para formação dos blocos. Os blocos com as gônadas foram cortados em micrótomo com espessura de 5µm e alocados em lâmina de vidro, na qual foram submetidos a coloração com Hematoxilina e Eosina (HE) e montadas em Permount[®].

A classificação do estágio de maturação gonadal se deu com base nas modificações no epitélio germinativo. Através dessas modificações os animais podem ser classificados em cinco fases reprodutivas: imaturos, em desenvolvimento, aptos a liberar gametas (maduros), em regressão e em regeneração (Brown-Peterson et al., 2011), sendo que esta escala é suficientemente flexível para ser utilizada nas espécies de peixes Neotropicais (Quaggio-Grassiotto et al., 2013).

2.5. Fator de condição e índice gonadosomático

Com os valores registrados para Lt, Ls e Wt de todos os indivíduos e Wg das fêmeas, foram calculados o fator de condição para os machos ($K_1=Wt/Lt^b$; b = coeficiente angular da regressão entre Wt/Lt) e fator de condição somático para as fêmeas ($K_2=Wc/Lt^b$; $Wc = Wt - Wg$), buscando avaliar o grau de bem-estar momentâneo do peixe (Agostinho et al., 1990; Vazzoler, 1996). O fator de condição é um indicador quantitativo do grau de bem-estar momentâneo do peixe, ele pode variar de acordo com a maturidade sexual do indivíduo, dentre outros fatores, pela variação dos pesos das gônadas (Gomiero et al., 2010).

Para comparar a proporção das gônadas com relação ao peso total do corpo, calculou-se o índice gonadosomático das fêmeas ($IGS = Wg/Wt*100$), sendo esse um dado auxiliar na determinação do estágio do ciclo reprodutivo, uma vez que a maturação das células reprodutivas ocorre proporcionalmente ao aumento do peso das gônadas. Quanto maior a proporção do ovário em relação ao corpo, mais próximo da desova o peixe se encontra (Vazzoler, 1996).

2.6. Avaliação de mortalidade e ocorrência de proles

A determinação de morte de indivíduos ocorreu a partir da observação diária dos tanques e contagem de peixes ao fim do experimento. No caso de registro de alguma morte, seria realizado o cálculo da taxa de mortalidade. A ocorrência de prole e formas jovens da espécie também foi determinada a partir de contagem e identificação de indivíduos adultos ao fim do período experimental.

2.7. Análise de dados

Em posse dos valores registrados para K1, K2, e IGS foram realizadas as comparações dessas características entre os grupos de pesca e os controles através de Análises de Variâncias de Medidas Repetidas (ANOVA-MR), para cada característica individualmente, com significância de 5%. Para verificar a confiabilidade dos resultados das ANOVA-MR, foram checados os pressupostos sobre os resíduos através da aplicação do teste de homogeneidade de variâncias de Levene, de normalidade de Shapiro-Wilk e de esfericidade de Mauchley. Atingido

os pressupostos, os resultados das ANOVA-MR foram interpretados (Scheiner e Gurevitch, 2001). Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software Statistica 7.1* (StatSoft, Inc., 2005)

Após classificação dos estágios de maturação dos ovários das fêmeas, notou-se a ocorrência mínima de distinção entre as fases reprodutivas dos peixes, assim não foi aplicado nenhum teste estatístico, apenas descrito o que foi observado.

3. Resultados

Não foi identificado efeito entre os blocos para as análises realizadas, bem como não ocorreu morte de nenhum indivíduo tanto nos tanques de pesca como de controle. Durante o experimento, as quantidades de peixes capturados nos 4 tanques de PS foram: 26 (15 fêmeas e 11 machos), 26 (19 fêmeas e 7 machos), 33 (21 fêmeas e 12 machos) e 27 (19 fêmeas e 8 machos).

O fator de condição somático das fêmeas não diferiu entre as populações de PS e C ($F_{(4,108)} = 0.33$, $p = 0.86$) sendo que os valores reduziram ao longo do tempo, sugerindo que as gônadas estavam inicialmente em estágio apto a desova (maduro) e com o tempo passaram a regredir em ambos os grupos ($F_{(4,108)} = 16.46$, $p < 0.001$). Com relação ao fator de condição dos machos, também não foi encontrada diferenças entre as populações pescadas e não pescadas (ranking de K1: $F_{(4,104)} = 1.66$, $p = 0.164$), sendo que os dados obtidos não permitiram identificar diferenças significativas entre os tratamentos e ao longo do tempo de experimento ($F_{(4,104)} = 0.11$, $p = 0.98$) (Figura 2).

O índice gonadosomático (IGS) das fêmeas não diferiu entre as populações de PS e C ($F_{(4,108)} = 0.64$, $p = 0.63$), os valores diminuíram ao longo do tempo ($F_{(4,108)} = 18.29$, $p < 0.001$), indicando um possível início de regressão do estágio maduro ao estágio imaturo para ambos os grupos (Figura 2).

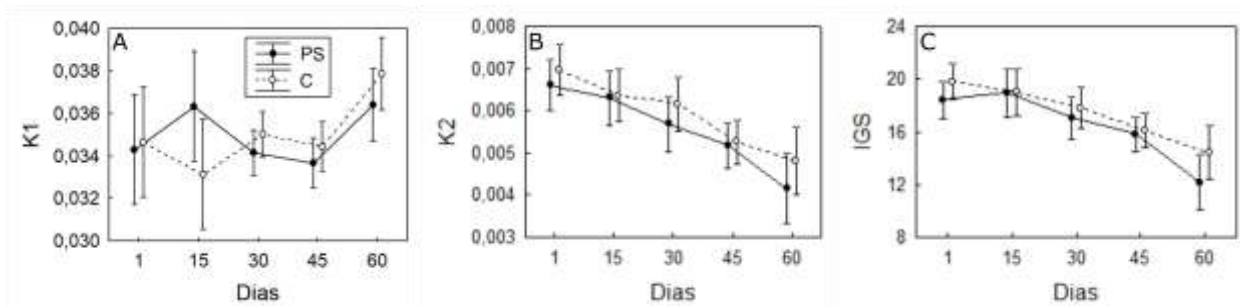


Figura 2 – Média \pm Intervalo de confiança a 95% para valores de: A - Fator de condição machos (K1); B - Fator de condição das fêmeas (K2); C - Índice Gonadosomático das fêmeas (IGS), para *Astyanax lacustris* submetidos ao pesque e solte e controle, ao longo dos 60 dias experimentais.

Ao todo foram avaliadas 159 amostras de ovário de *A. lacustris*, a grande maioria das amostras (157) encontravam-se na fase reprodutiva de “apta a desovar”, cujas características incluem células germinativas em vários estágios de desenvolvimento, tais como ovogônias, ovócitos pré-vitelogênicos, ovócitos com deposição inicial de vitelo, mas com predominância de ovócitos plenamente desenvolvidos (Figura 3).

Somente duas amostras, registradas em diferentes tanques de PS na coleta final, foram identificadas em transição da fase “apta a desovar” para a fase de “regressão”. Nessas amostras haviam características que poderiam ser atribuídas a ambas as fases, porém devido ao tamanho reduzido do ovário, presença de vasos sanguíneos calibrosos, ovócitos atrésicos e aumento aparente do número de ovócitos pré-vitelogênicos, foi possível tratar estas amostras como fêmeas em “regressão” (Figura 3).

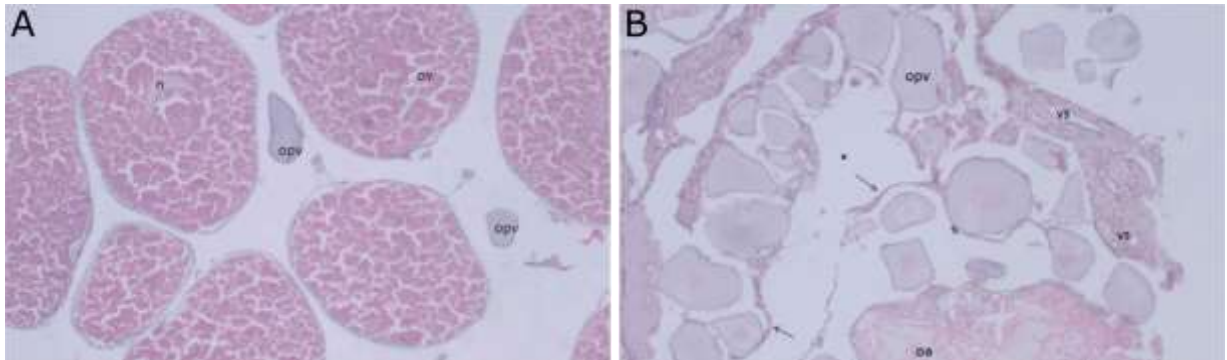


Figura 3 – Estágios de desenvolvimento gonadal dos ovários, 40x aumento. A: Ovário maduro, apto a desovar: n: núcleo; ov: ovócito vitelogênico; opv: ovócito pré- vitelogênico. B: Ovário em regressão: opv: ovócito pré- vitelogênico; vs: vaso sanguíneo; oa: ovócitos atrésicos; *: luz do ovário; →: lamelas.

Nenhum indício de ocorrência de aumento populacional e desova foi identificado. Ao fim do experimento não se encontrou nenhum indivíduo jovem, bem como não foi observado em nenhum ovário a presença de complexos foliculares pós-ovulatórios, que indicariam “desova ativa” em ambos grupos.

4. Discussão

Os peixes das populações submetidas ao manejo pesqueiro de pesque e solte (PS) não demonstraram ter sua condição de bem-estar alteradas com relação as populações de controle (C). Esses indicadores nos machos permaneceram semelhantes durante todo o período do experimento. Nesse contexto, Hall et al. (2017) citaram que a alimentação e condição de perca dourada, *Macquaria ambigua*, em tanques submetidos ao pesque e solte, foram melhores do que em tanques isentos de atividade pesqueira. A inexistência de variação no fator de condição somático das fêmeas, entre os grupos, também é considerada um indício de que não houve ocorrência de diferenças no estágio de desenvolvimento gonadal dos indivíduos.

O PS não se demonstrou um estressor capaz de influenciar a maturação e regressão gonadal dos peixes, pois não foram encontradas diferenças no índice gonadossomático e no estágio de maturação gonadal entre as populações de PS e C, bem como não foi identificada ocorrência de desova em nenhum grupo. A não diferenciação de desenvolvimento gonadal entre grupos de PS e C também foi observada por Hall et al. (2017) em perca dourada, *Macquaria ambigua*, e por Lowerre-Barbieri et al. (2003) para o robalo-flexa, *Centropomus undecimalis*. Além disso, Lowerre-Barbieri et al. (2003) relataram que as fêmeas de robalo-flexa submetidas ao PS não abandonaram as formações de cardumes para desova.

Nenhum dos parâmetros avaliados, condição corporal dos indivíduos (K), índice gonadossomático (IGS) e classificação dos estágios gonadais, indicou influência do estresse causado pelo PS sobre a atividade reprodutiva do *A. lacustris* a nível populacional. Apenas dois peixes na coleta final foram classificados como em regressão e ambos pertenciam a diferentes réplicas de PS, não sendo estatisticamente possível atribuir tal resultado ao efeito do PS. Como o K e IGS diminuíram ao longo do tempo nas fêmeas, supõe-se que as gônadas estavam começando a entrar em estágio de regressão nos dois grupos devido a não ocorrência de reprodução. Autores citam que a reprodução de espécies de *Astyanax* é comum em tanques de cultivo (Garutti, 2003; Baldisseroto e Gomes, 2005), porém, neste estudo, não foi identificada em nenhuma das unidades experimentais. Acredita-se que em períodos mais longos seria possível registrar ocorrência de prole.

As informações obtidas servem como referência para futuros estudos relacionados aos efeitos do PS sobre aspectos reprodutivos de peixes da ordem Characiformes. Entretanto, apesar de alguns estudos não encontrarem indícios de que o PS tem influência na reprodução de peixes, cautela deve ser tomada ao generalizar para espécies com comportamento e biologia diferentes, uma vez que são necessários estudos espécie-específicos para diferentes ambientes, equipamentos utilizados e manipulações aplicadas (Bartholomew e Bohnsack, 2005; Marques et al., 2007; Arlinghaus et al., 2010).

Nesse contexto, cientistas já alertaram para impactos negativos sobre a reprodução do black bass, *Micropterus salmoides*, relacionados a qualidade da prole quando há captura dos reprodutores anterior a época de desova (Ostrand et al., 2014); e ao abandono de ninho e predação da prole quando os pais são submetidos ao PS durante o período de cuidado parental (Philipp et al., 1997; Stein and Philipp, 2015; Twardek et al., 2017). Por outro lado, mesmo relatando efeitos negativos sobre os ninhos de black bass, *Micropterus* spp., Trippel et al. (2017) não identificaram efeitos sobre o recrutamento populacional entre jovens descendentes de peixes de PS e C.

Com relação a migração reprodutiva, algumas pesquisas também identificaram impactos sobre a migração do Salmão, *Salmo salar*, devido ao PS (Mäkinen et al., 2000; Thorstad et al., 2003). Entretanto, Jensen et al. (2010), utilizando peixes marcados anteriormente ao período de reprodução, não encontraram indícios de que os Salmões interromperam a migração reprodutiva após o PS. Essas informações demonstram que os efeitos do PS podem ser altamente dependentes das espécies e das condições as quais essas são submetidas, pois diferentes cientistas, estudando diferentes espécies e etapas do ciclo reprodutivo encontraram resultados distintos. Dessa maneira, ficam evidentes lacunas de estudos a serem desenvolvidos na área.

Esse estudo, pioneiro na avaliação de impactos do PS sobre a reprodução de peixes no Brasil, é de grande importância para fornecer diretrizes e estabelecer um protocolo experimental que pode ser utilizado em outras espécies, como por exemplo o tucunaré, que também tem a capacidade de se reproduzir naturalmente em cativeiro. Ressaltamos que os resultados encontrados servem como indícios de que o PS resulta em impactos irrelevantes para a reprodução de algumas espécies de peixes Neotropicais. Isto demonstra que a atividade de PS tem potencial para ser conduzida em programas de manejo que objetivem a utilização sustentável dos recursos pesqueiros. Entretanto, reforçamos a necessidade de estudos sobre as espécies alvo da pesca esportiva, pois os resultados, obtidos por diferentes pesquisadores, indicam efeitos espécie-específicos. Por fim, recomendamos que o PS, quando realizado, seja de maneira a reduzir o estresse e lesões causadas aos peixes.

5. Referências bibliográficas

ADOLFI, M.C., CARREIRA, A.C.O., JESUS, L.W.O., BOGERD, J., FUNES, R.M., SCHAT, M., SOGAYAR, M.C. e BORELLA, M.I., 2015. Molecular cloning and expression analysis of *dmrt1* and *sox9* during gonad development and male reproductive cycle in the lambari fish, *Astyanax altiparanae*. *Reproductive Biology and Endocrinology*, vol. 13, pp 1-15. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-13-2>

AGOSTINHO, A.A., BARBIERI, G., VERANI, J.R. e HAHN, N.S., 1990. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no Rio Paranapanema, Porecatu. *Ciência e Cultura*, vol. 42, p.711-714.

ALBANO, C.J. e de VASCONCELOS, E.C., 2013. Análise de casos de pesca esportiva no Brasil e propostas de gestão ambiental para o setor. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, no. 28, pp. 77-89.

ARLINGHAUS, R., COOKE, S., e COWX, I., 2010. Providing context to the global code of practice for recreational fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 17, no. 2, pp. 146-156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2009.00696.x>.

ARLINGHAUS, R., COOKE, S.J., LYMAN, J., POLICANSKY, D., SCHWAB, A., SUSKI, C., SUTTON, S.G. e THORSTAD, E.B., 2007. Understanding the complexity of catch-and-release in recreational fishing: an integrative synthesis of global knowledge from historical, ethical social, and biological perspectives. *Reviews in Fisheries Science*, vol. 15, pp. 75–167. <http://dx.doi.org/10.1080/10641260601149432>.

BALDISSEROTO, B. e GOMES, L DE C., 2005. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Ed da UFSM, 468 p.

BARROCO, L.S.A., FREITAS, C.E.C de., 2014. A pesca esportiva na Amazônia: implicações para a sustentabilidade dos estoques pesqueiros e da atividade. *Scientia Amazonia*, vol. 3, n. 2, pp. 93-99.

BARTHOLOMEW, A. e BOHNSACK, J.A., 2005. A review of catch-and-release angling mortality with implications for no-take reserves. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, vol. 15, pp. 129–154. <http://dx.doi.org/10.1007/s11160-005-2175-1>.

BETTIM F.L., GALVAN G.L., CESTARI M.M., YAMAMOTO C.I. e SILVA DE ASSIS, H.C. 2015. Biochemical responses in freshwater fish after exposure to water-soluble fraction of gasoline. *Chemosphere*, vol. 144, pp.1467-1474.

BRAMBILA-SOUZA, G., 2015. *Biologia reprodutiva de fêmeas de Astyanax fasciatus com números de cromossomos diferentes vivendo em ambiente natural e no cativeiro*, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Fisiologia. Dissertação de Mestrado em Ciências.

BROWN-PETERSON, N., WYANSKI, D.M., SABORIDO-REY, F., MACEWICZ, B.J. e LOWERRE-BARBIERI, S.K. 2011. A Standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management and Ecosystem Science*, vol. 3, pp. 52–70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>

CHAVES, P. de T. e FREIRE, K.M.F., 2012. A pesca esportiva e o pesque-e-solte: pesquisas recentes e recomendações para estudos no Brasil. *Bioikos*, vol. 26, no. 1, pp. 29-34.

CHEHADE, C., CASSEL, M., BORELLA, M.I. e COSTA, F.G. 2014. Morphologic study of the liver of lambari (*Astyanax altiparanae*) with emphasis on the distribution of cytokeratin. *Fish Physiol Biochem*, vol. 40, pp. 571-6.

COOKE, S.J. e SCHRAMM, H.L., 2007. Catch-and-release science and its application to conservation and management of recreational fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 14, pp. 73–79. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2007.00527.x>.

COOKE, S.J. e SUSKI, C.D., 2005. Do we need species-specific guidelines for catch-and-release angling to conserve diverse fishery resources?. *Biodiversity and Conservation*, vol. 14, pp. <https://doi.org/1195-1209>. [10.1007/s10531-004-7845-0](https://doi.org/10.1007/s10531-004-7845-0).

COOKE, S.J., RABY, G.D., DONALDSON, M.R., HINCH, S.G., O'CONNOR, C.M., ARLINGHAUS, R., DANYLCHUK, A.J., HANSON, K.C., CLARK, T.D., PATTERSON, D.A. e SUSKI, C.D., 2013. The physiological consequences of catch-and-release angling: perspectives on experimental design, interpretation, extrapolation and relevance to stakeholders. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 20, pp. 268–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2012.00867.x>.

COOKE, S.J., SCHREER, J.F., DUNMALL, K.M. e PHILIPP, D.P., 2002. Strategies for quantifying sublethal effects of marine catch-and-release angling: insights from novel freshwater applications. *American Fisheries Society Symposium* 30, pp. 121–134.

COSTA, F.G., ADOLFI, M.C., GOMES, C.C., JESUS, L.W.O., BATLOUNI, S.R. e BORELLA, M.I., 2014. Testes of *Astyanax altiparanae*: The Sertoli cell functions in a semicystic spermatogenesis. *Micron*, vol. 61, pp. 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2014.02.004>

DRUMMOND, C.D., BAZZOLI, N., RIZZO, E. e SATO, Y., 2000. Postovulatory follicle: a model for experimental studies of programmed cell death or apoptosis in teleosts. *Journal of Experimental Zoology*, vol. 287, n. 2, pp. 176-182. [https://doi.org/10.1002/1097-010X\(20000701\)287:2%3C176::AID-JEZ8%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1097-010X(20000701)287:2%3C176::AID-JEZ8%3E3.0.CO;2-2)

FAO, 2012. *Recreational fisheries*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Rome: FAO, n. 13. 176 p.

FELIZARDO, V. O., MURGAS, L.D., ANDRADE, E.S., LÓPEZ, P.A., FREITAS, R.T. e FERREIRA, M.R., 2012. Effect of timing of hormonal induction 26 on reproductive activity in lambari (*Astyanax bimaculatus*). *Theriogenology*, vol. 77, pp. <https://doi.org/1570-1574>. 10.1016/j.theriogenology.2011.11.025

GARUTI, V., 2003. *Piscicultura Ecológica*. São Paulo: Editora UNESP, vol. 1, 332p.

Gomes, C. C., 2015. *Expressão das diferentes formas de GnRH no encéfalo de lambari (Astyanax altiparanae)*. São Paulo: Universidade de São Paulo - Instituto de Ciências Biomédicas. Tese de Doutorado em Biologia Celular e Tecidual.

GOMES, C.C., COSTA, F.G. e BORELLA, M.I., 2013. Distribution of GnRH in the brain of the freshwater teleost *Astyanax altiparanae*. *Micron*, vol. 52, n. 53, pp 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2013.07.008>

GOMIERO, L. M.; VILLARES JUNIOR, G. A. e BRAGA, F. M. S., 2010. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropical*, vol. 10, n. 1 [online]. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/pt/abstract?article+bn01610012010> ISSN 1676-0603.

HALL, K.C., BROADHURST, M.K., BUTCHER, P.A., CAMERON, L., ROWLAND, S.J. e MILLAR, R.B., 2017. Sublethal effects of angling and release on golden perch *Macquaria ambigua*: implications for reproduction and fish. *Journal of Fish Biology*, vol. 90, pp.1980–1998. <https://doi.org/10.1111/jfb.13282>

JENSEN, J.L.A., HALTTUNEN, E., THORSTAD, E.B., NÆSJE, T.F. e RIKARDBSEN, A.H., 2010. Does catch-and-release angling alter the migratory behaviour of Atlantic salmon?. *Fisheries Research*, vol. 106, pp. 550–554. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.08.013>.

JESUS, L.W.O. DE, BOGERD, J., VIECELI, F.M., BRANCO, G.S., CAMARGO, M.P., CASSEL, M., MOREIRA, R.G., YAN C.Y.I. e BORELLA, M.I., 2017. Gonadotropin subunits of the characiform *Astyanax altiparanae*: Molecular characterization, spatiotemporal expression and their possible role on female reproductive dysfunction in captivity. *General and*

Comparative Endocrinology, vol. 246, pp. 150-163.
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.12.004>

LENNOX, R.J., BROWNSCOMBE, J.W., COOKE, S.J., DANYLCHUK, A.J., MORO, P.S., SANCHES, E.A. e GARRONE-NETO, D., 2015. Evaluation of catch-and-release angling practices for the fat snook *Centropomus parallelus* in a Brazilian estuary. *Ocean & Coastal Management*, vol. 113, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1111/eff.12223>.

LOWERRE-BARBIERI, S.K., 2003. Catch-and-release fishing on a spawning aggregation of common snook: does it affect reproductive output?. *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 132, pp. 940–952.

LUCY, J.A. e STUDHOLME, A.L., 2002. Catch and release in marine recreational fisheries. Bethesda, USA. *American Fisheries Society Symposium* 30, 250 p.

MÄKINEN, T.S., NIEMELÄ, E., MOEN, K. e LINDSTRÖM, R., 2000. Behaviour of gillnet and rod-captured Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during upstream migration and following radio tagging. *Fisheries Research*, vol. 45, pp. 117–127. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00107-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00107-1)

MARQUES, D.K.S., SILVA, R.A.M., LIMA, R.P., VARGAS, R.D. e PEREIRA, R.A.C., 2007 [viewed 18 July 2019]. *Recomendações para praticar o pesque-e-solte*. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal [online]. Available from: www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/812413/recomendacoes-para-praticar-o-pesque-e-solte.

OSTRAND, K.G., COOKE, S.J. e WAHL D.H., 2014. Effects of stress on largemouth bass reproduction. *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 24, pp. 1038–1045. <https://doi.org/10.1577/M02-154.1>

PEREIRA FILHO, H.P., ANDRADE, D.R., TONINI, W.C.T. e VIDAL JR., M.V., 2011. Biologia reprodutiva de fêmeas de lambari-prata, *Astyanax scabripinnis* Jenyns, 1842 (Characidae; Tetragonopterinae; Teleostei) em condições de cativeiro. *Ciência animal brasileira*, vol.12, n.4, pp. 626–634.

PHILIPP, D.P., TOLINE, C.A., KUBACKI, M.F., PHILIP, D.B.F. e PHELAN, F.J.S., 1997. The impact of catch-and-release angling on the reproductive success of smallmouth bass and largemouth bass. *North American Journal of Fisheries Management*, vol. 17, pp. 557-567. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1997\)017<0557:TIOCAR>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1997)017<0557:TIOCAR>2.3.CO;2)

POLLOCK, K.H. and PINE, W.E., 2007. The design and analysis of field studies to estimate catch-and-release mortality. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 14, pp. 123–130. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2007.00532.x>.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I., WILDNER, D.D. e ISHIBA, R., 2013. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, vol. 37, pp. 181-191 [online]. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v37n2/pag181-191%20\(RB448\).pdf](http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v37n2/pag181-191%20(RB448).pdf)

RICHARD, A., DIONNE, M., WANG, J. e BERNATCHEZ, L., 2013. Does catch and release affect the mating system and individual reproductive success of wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)?. *Molecular Ecology*, vol. 22, pp. 187–200. <https://doi.org/10.1111/mec.12102>

SANCHES, R. A. K. e PIANA, P. A., 2019. The influence of catch-and-release on mortality of *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816). *Brazilian journal of biology*, online version, ahead of print. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.204168>

SANCHES, R.A.K., 2015. Pesque-e-solte, uma alternativa para conservação de recursos pesqueiros?: Avaliação da atividade em *Salminus brasiliensis*. Toledo, PR: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 28 p.

SCHEINER, S. M. e GUREVITCH, J., 2001. *The design and analysis of ecological experiments*. Oxford University Press, USA. 2nd Ed, 415 p.

STATSOFT, INC. STATISTICA, 2005. Data analysis software system. Version 7.1 [software]. Tulsa: Statsoft, Inc.

STEIN, J.A. e PHILIPP, D.P., 2015. Quantifying brood predation in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) associated with catch-and-release angling of nesting males. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 98, pp. 145–154. <https://doi.org/10.1007/s10641-014-0244-9>

THORSTAD, E.B., NÆSJE, T.F., FISKE, P. e FINSTAD, B., 2003. Effects of hook and release on Atlantic salmon in the River Alta, northern Norway. *Fisheries Research*, vol. 60, pp. 293–307. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00176-5](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00176-5)

TRIPPEL, N.A., HARGROVE, J.S., LEONE, E.H., AUSTIN, J.D. e ALLEN, M.S., 2017. Angling-induced impacts on recruitment and contributions to reproduction in florida bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, vol. 146, pp. 871–887. <https://doi.org/10.1080/00028487.2017.1301997>

TWARDEK, W.M., SHULTZ, A.S., CLAUSSEN, J.E., COOKE, S.J., STEIN, J.A, KOPPELMAN, J.B., PHELAN, F.J.F., e PHILIPP, D.P., 2017. Potential consequences of angling on nest-site fidelity in largemouth bass. *Environmental Biology of Fishes*, vol.100, pp. 611–616. <https://doi.org/10.1007/s10641-016-0558-x>

VAZZOLER, A.E.A. de M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: NUPELIA, 1996. 169 p.

YASUI, G.S., SENHORINI, J.A., SHIMODA, E., PEREIRA-SANTOS, M., NAKAGHI, L.S., FUJIMOTO, T., ARIAS-RODRIGUEZ, L. e SILVA, L.A., 2015. Improvement of gamete quality and its short-term storage: an approach for biotechnology in laboratory fish. *Animal*, vol. 9, pp. 464-70. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002511>