

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o
texto completo desta dissertação será
disponibilizado somente a partir
de 17/12/2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Centro de Aquicultura da Unesp - Campus de Jaboticabal

SARAH GARCIA PRADO

**EFEITO DA ESTIMULAÇÃO TÁCTIL CORPORAL SOBRE O COMPORTAMENTO
AGRESSIVO E O BEM-ESTAR EM PEIXES ORNAMENTAIS**

Jaboticabal, São Paulo

2024



SARAH GARCIA PRADO

**EFEITO DA ESTIMULAÇÃO TÁCTIL CORPORAL SOBRE O COMPORTAMENTO
AGRESSIVO E O BEM-ESTAR EM PEIXES ORNAMENTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP), Jaboticabal, para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientadora: Prof. Dra. Eliane Gonçalves de Freitas

Jaboticabal

2024

P896e Prado, Sarah Garcia
Efeito da estimulação tátil sobre o comportamento agressivo e o bem-estar de peixes ornamentais / Sarah Garcia Prado. -- Jaboticabal, 2024
86 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal
Orientadora: Eliane Gonçalves de Freitas

1. Peixes ornamentais. 2. Animais comportament. 3. Peixes fisiologia. 4. Neurotransmissore. 5. Mecanismos serotoninérgicos. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito da estimulação tátil corporal sobre o comportamento agressivo e o bem-estar em peixes ornamentais

AUTORA: SARAH GARCIA PRADO

ORIENTADORA: ELIANE GONÇALVES DE FREITAS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências, área de Aquicultura, pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **ELIANE GONÇALVES DE FREITAS**
Data: 17/12/2024 16:52:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. ELIANE GONÇALVES DE FREITAS (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Biológicas / Unesp, Campus de São José do Rio Preto/SP

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO JOSE GIL BARCELLOS**
Data: 17/12/2024 17:55:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LEONARDO JOSÉ GIL BARCELLOS (Participação Virtual)
. / Universidade de Passo Fundo - Passo Fundo/RS

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO EGYDIO BARRETO**
Data: 18/12/2024 11:24:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. RODRIGO EGYDIO BARRETO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Estrutural e Funcional / Instituto de Biociências, da UNESP, Câmpus de Botucatu.

Jaboticabal, 17 de dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, que me deram o privilégio de sonhar e me apoiaram na realização desses sonhos. Vocês são minha força e motivação diária. Obrigada por acreditarem em mim.

Expresso minha imensa gratidão a minha orientadora, professora Dra. Eliane Gonçalves de Freitas, pela oportunidade, paciência e dedicação durante toda a minha trajetória acadêmica. Obrigada por sempre estar disposta a me guiar com seus conselhos. Seu apoio foi fundamental para meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço a colaboração da professora Dra. Marta Candeia Soares do Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Universidade do Porto – PT.

Obrigada ao professor Dr. Manoel Gestø, Technical University of Denmark, Hirtshals – DK por ter feito as dosagens de monoaminas e cortisol no *Betta splendens*.

Meu sincero agradecimento a Dra. Ana Carolina Gauy dos Santos, a maior incentivadora existente. Obrigada por todo conhecimento compartilhado, pela paciência e apoio. Sua amizade foi um dos presentes desta jornada.

Agradeço imensamente a minha companheira de laboratório e amiga do coração Bianca Cambiaghi e Silva, por compartilhar essa jornada acadêmica e pessoal comigo. Os dias foram imensamente mais felizes com você ao meu lado.

Também dedico este trabalho as minhas queridas amigas Vitória Karoline Silva e Ingrid Iris que me acompanharam e me incentivaram nesta trajetória.

Agradeço a Gustavo Duque que acreditou em mim e me ajudou a superar cada desafio ao longo desta caminhada.

Agradeço a Carlos Eduardo de Sousa e Roselene S. C. Ferreira por todo auxílio e suporte técnico na manutenção dos animais e solução dos eventuais desafios.

Agradeço aos professores e ao Centro de Aquicultura da Unesp, Jaboticabal pelo mestrado.

Este trabalho foi realizado com bolsa de mestrado CAPESP, processo 001 e com financiamento FAPESP (ARP #2023/02306-6; responsável: Eliane Gonçalves Freitas).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O aumento exponencial da aquicultura mundial tem gerado preocupações e debates sobre o bem-estar dos peixes. Esses animais são criados para o consumo humano e animal, pesquisas científicas e comércio de espécies ornamentais. Desse modo, diversos fatores estressantes no ambiente de criação, como confinamento e interações agressivas não naturais, podem comprometer seu bem-estar. Nesse contexto, o enriquecimento ambiental tem sido testado como uma opção para mitigar os efeitos do ambiente artificial e do manejo sobre o bem-estar de peixes. A estimulação tátil corporal, por exemplo, é um tipo de enriquecimento sensorial, constituído por um estímulo mecânico natural ou artificial aplicado em partes do corpo de um animal, que tem sido explorada como uma forma de promover o bem-estar em vertebrados. Em peixes, esse enriquecimento demonstrou redução do estresse, medo, da agressividade, melhora na performance cognitiva e no desempenho produtivo. No entanto, a eficácia desse método pode variar entre espécies, indicando a necessidade de estudos adicionais. Assim, os objetivos deste estudo visam testar o efeito da estimulação tátil artificial sobre a agressividade e o bem-estar em duas espécies de peixes ornamentais, o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) e o peixe Betta (peixe-de-briga-siamês - *Betta splendens*). O acará-bandeira apresenta hierarquia de dominância estabelecida por interações agressivas, enquanto o betta é conhecido por sua agressividade exacerbada devido ao processo e seleção artificial. Além disso, são duas espécies importantes no comércio de peixes ornamentais. Assim, os animais foram submetidos individualmente à estimulação tátil por meio de um aparato formado por hastes plásticas contendo cerdas de silicone nas laterais, que ficam enfileiradas no centro do aquário e por entre as quais os peixes atravessam, recebendo estimulação tátil. Como controle foi utilizado um aparato semelhante, porém sem cerdas de silicone. Os animais permaneceram nessas condições por 22 dias (N = 20 para cada tratamento, por espécie). A agressividade foi avaliada pela frequência de lutas com o espelho antes e após a ET e, também, pela frequência de lutas entre indivíduos do mesmo tratamento após os 22 dias. Em seguida, os animais foram anestesiados para retirada de sangue (dosagem de cortisol) e eutanasiados para remoção de cérebros para dosagens de monoaminas (serotonina e dopamina) e seus metabólitos (5HIAA e Dopac, respectivamente). As monoaminas foram avaliadas apenas no peixe betta, pois os cérebros dos acarás descongelaram em função de uma

queda de energia. Os animais foram medidos e pesados antes e após o experimento para avaliação da taxa de crescimento específica. O aparato foi eficaz, uma vez que a frequência de atravessamentos aumentou e estabilizou ao longo do tempo para as duas espécies. Não houve diferenças significativas no comportamento de agressividade e nem nos parâmetros de crescimento entre os tratamentos com e sem estimulação no peixe betta. Porém, observamos que o cortisol do tratamento com ET foi mais alto. Além disso, encontramos correlações entre as monoaminas cerebrais e o cortisol, os atravessamentos e os comportamentos em ambos os tratamentos. Em contrapartida, a estimulação tátil reduziu a agressividade do acará-bandeira, com efeito evidente sobre os machos, mesmo não havendo diferença nos níveis de cortisol entre os tratamentos. Os animais que passaram pelo tratamento com ET também apresentaram um aumento significativo no crescimento padrão. Portanto, concluímos que a ET não teve efeito sobre a agressividade e o bem-estar do peixe betta, o que pode estar associado à seleção artificial de animais coloridos e agressivos. Em contrapartida encontramos efeitos positivos da ET para o bem-estar de acará-bandeira, demonstrando que a ET pode ser utilizada como enriquecimento ambiental para essa espécie. Dessa forma, este estudo demonstra que os efeitos da estimulação tátil sobre peixes ornamentais variam de acordo com a espécie. Assim, contribui para o desenvolvimento de práticas de criação que promovam o bem-estar dos peixes ornamentais, considerando a importância crescente desse setor e a necessidade de garantir o tratamento ético dos animais criados em ambiente artificial.

Palavras-chave: *Pterophyllum scalare*; *Betta splendens*; crescimento; enriquecimento sensorial, dopamina, serotonina, cortisol.

ABSTRACT

The exponential increase in global aquaculture has sparked debates about fish welfare. These animals are raised for consumption, scientific research, and the trade of ornamental species. As a result, various stress factors in the farming environment, such as confinement and unnatural aggressive interactions, can compromise their well-being. In this context, environmental enrichment has been tested as an option to mitigate the effects of the artificial environment and handling on fish welfare. Body tactile stimulation is a type of sensory enrichment, a natural or artificial mechanical stimulus applied to parts of an animal's body, and has been explored as a way to promote welfare in vertebrates. In fish, this enrichment has shown to reduce stress, fear, and aggression, and improve cognitive performance and productive efficiency. However, the effectiveness of this method can vary between species, indicating the need for additional studies. Thus, the objectives of this study aim to test the effect of artificial tactile stimulation on aggression and well-being in two species of ornamental fish, the angelfish (*Pterophyllum scalare*) and the betta fish (siamese fighting fish - *Betta splendens*). The angelfish exhibits a dominance hierarchy established through aggressive interactions, while the betta is known for its heightened aggression due to artificial selection processes. In this way, the animals were individually subjected to tactile stimulation using an apparatus composed of plastic rods with silicone bristles on the sides, lined up in the center of the aquarium through which the fish pass, receiving tactile stimulation. A similar apparatus without silicone bristles was used as a control. The animals remained in these conditions for 22 days (n = 20 for each treatment, per species). Aggression was evaluated by the frequency of mirror fights before and after tactile stimulation, and also by the frequency of fights between individuals of the same treatment after the 22 days. Then, the animals were anesthetized for blood collection and euthanized for brain removal. They were measured and weighed before and after the experiment to assess specific growth rates. The apparatus was effective, as the frequency of crossings increased over time for both species. There were no significant differences in aggressive behavior or growth parameters between the treatments with and without stimulation in betta fish. However, we observed that cortisol levels were higher in the tactile stimulation treatment. Additionally, we found correlations between brain monoamines, crossings, and behaviors in both treatments. On the other hand, tactile stimulation reduced aggression in angelfish, even though there was no difference in cortisol levels between

treatments. The animals that underwent the tactile stimulation treatment also showed a significant increase in standard growth. Therefore, we concluded that tactile stimulation had no effect on the aggression and growth of betta fish, which may be associated with the artificial selection of colorful and aggressive animals. Conversely, we found positive effects of tactile stimulation for angelfish, demonstrating that tactile stimulation can be used as environmental enrichment for this species. Thus, this study demonstrates that the effects of tactile stimulation on ornamental fish vary according to species. It contributes to the development of farming practices that promote the well-being of ornamental fish, considering the growing importance of this sector and the need to ensure the ethical treatment of animals raised in artificial environments.

Keywords: *Pterophyllum scalare*; *Betta splendens*; Growth; Sensory enrichment, Dopamine, Serotonin, Cortisol.

LISTA DE FIGURAS

A estimulação táctil corporal não reduz a agressividade em *Betta splendens*

Figura 1 – Estimulador táctil.	17
Figura 2 – Cronograma experimental	19
Figura 3 – Etograma para comportamentos agressivos	21
Figura 4 – Atravessamentos totais	24
Figura 5 – Teste do espelho	26
Figura 6 – Lutas de duplas	27
Figura 7 – Crescimento	29
Figura 8 – Cortisol	31

Efeito da estimulação táctil corporal sobre o comportamento agressivo e o bem-estar do peixe acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*)

Figura 1 – Estimulador táctil.	51
Figura 2 – Cronograma experimental	53
Figura 3 – Esquema alimentador utilizado	54
Figura 4 – Etograma para comportamentos agressivos	56
Figura 5 – Atravessamentos totais	59
Figura 6 – Teste do espelho	62
Figura 7 – Lutas de duplas	64
Figura 8 – Cortisol	65
Figura 9 – Crescimento	66

LISTA DE TABELAS

A estimulação tátil corporal não reduz a agressividade em *Betta splendens*

Tabela 1 – Biometria	28
Tabela 2 – Teste t de monoaminas cerebrais e seus metabólitos	30
Tabela 3 – Correlações	32

Efeito da estimulação tátil corporal sobre o comportamento agressivo e o bem-estar do peixe acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*)

Tabela 1 – Biometria	67
Tabela 2 – Correlações	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DA	Dopamina
DOPAC	Metabólito da dopamina
DOPAC/DA mass ratio	Medida para avaliar a atividade do sistema dopaminérgico no cérebro, comparando as concentrações do principal metabólito da dopamina (DOPAC) sobre a dopamina (DA)
ET	Estimulação tátil
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAWC	Farm Animal Welfare Council
5HT	Serotonina
5HIAA	Metabólito da serotonina
5HIAA/5HT mass ratio	Medida para avaliar a atividade do sistema serotoninérgico no cérebro, comparando as concentrações do principal metabólito da serotonina (5HIAA) sobre a serotonina (5HT)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
A ESTIMULAÇÃO TÁCTIL CORPORAL NÃO REDUZ A AGRESSIVIDADE EM <i>BETTA SPLENDENS</i>	12
RESUMO.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSSÃO.....	33
5. REFERÊNCIAS	39
EFEITO DA ESTIMULAÇÃO TÁCTIL CORPORAL SOBRE O COMPORTAMENTO AGRESSIVO E O BEM-ESTAR DO PEIXE ACARÁ-BANDEIRA (<i>PTEROPHYLLUM SCALARE</i>).....	46
RESUMO.....	46
1. INTRODUÇÃO.....	47
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3. RESULTADOS	58
4. DISCUSSÃO.....	69
5. REFERÊNCIAS	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS	84

INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento da aquicultura em escala global tem impulsionado e fomentado um debate crucial sobre o bem-estar dos peixes em ambientes de criação (Kristiansen & Brack, 2020). Tanto para a produção destinada ao consumo humano, quanto para o segmento de recreação, fins científicos e o comércio de espécies ornamentais, os criadores enfrentam uma série de desafios que podem comprometer o bem-estar dos animais. Entre os principais estressores ambientais estão as capturas e o confinamento em espaços limitados que, quando combinados a alta densidade de estocagem tem um efeito potencializado, comprometendo o bem-estar dos peixes, podendo levar a doenças e altas taxas de mortalidade (Ellis *et al.*, 2012; Kristiansen & Brack, 2020; Saraiva *et al.*, 2022). Além desses fatores, a classificação, que é o processo de separação dos peixes por tamanhos e espécie, o transporte, que pode expor os animais a grandes mudanças de temperatura e qualidade da água são, também, fatores críticos para o aumento do estresse animal (Huntingford *et al.*, 2006). Outro ponto de válido destaque é o abate, que se não for realizado de modo correto, pode ser mais uma fonte de sofrimento (Barcellos *et al.*, 2023). Desse modo, entender e analisar esses estressores é essencial para o desenvolvimento de boas práticas na aquicultura, garantindo o bem-estar dos peixes. Assim, o desafio é desenvolver métodos de cultivo que minimizem os efeitos negativos sobre esses animais e promover práticas sustentáveis e éticas. A análise desses estressores e suas consequências permitem a criação de estratégias para melhorar as condições de vida dos peixes em cativeiro, assegurando-lhes que possam crescer de maneira sustentável e responsável (Ellis *et al.*, 2007).

Em peixes, como em outros vertebrados, a presença de diferentes tipos de estressores desencadeia uma resposta conhecida como “luta ou fuga”. Isso se manifesta por meio de ajustes rápidos no sistema cardiorrespiratório e pela liberação de adrenalina pelo tecido cromafin (Ellis *et al.*, 2012). Simultaneamente, o eixo Hipotálamo-Hipófise-Interrenal é ativado, estimulando a produção de cortisol. Esse hormônio prolonga os ajustes metabólicos, permitindo que os peixes lidem com os estressores (Ellis *et al.*, 2012; Schreck, 2000).

Embora o estresse seja uma resposta adaptativa a possíveis desafios ambientais, sua persistência pode levar os animais ao distresse, uma fase

caracterizada pela redução na ingestão de alimentos (Wendelaar Bonga, 1997), na diminuição da taxa de crescimento (Wendelaar Bonga, 1997; Ellis *et al.*, 2012;), em uma redução da atividade reprodutiva e na depressão do sistema imunológico, podendo levar à o animal a morte (Pottinger, 2008; Schreck; Tort, 2016). Portanto, mesmo que o estresse seja um fator importante, não é necessariamente oposto ao bem-estar.

Uma definição bem aceita de bem-estar animal foi proposta por Broom (1986), que avalia o bem-estar através do "estado de um indivíduo em relação às suas tentativas de se ajustar ao ambiente". Esse conceito considera tanto o estado físico quanto o estado mental do animal, e envolve aspectos como saúde, comportamento, conforto e satisfação de suas necessidades biológicas e emocionais. Outra definição amplamente utilizada para avaliar e garantir o bem-estar de animais em diversos contextos, incluindo a aquicultura é a das "Cinco Liberdades do Bem-estar Animal", formuladas pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC) que descrevem as condições ideais para o bem-estar, garantindo que os animais estejam: Livres de fome e sede, livres de desconforto, dor, lesões e doenças, livres para expressar comportamentos naturais, livres de medo e estresse. Essa abordagem integra o bem-estar físico e mental do animal e estabelece padrões para seu manejo e cuidados em diversos contextos, como produção animal, pesquisa, e convivência com humano (Council, *et al.* 2009). Assim, podemos avaliar se os animais estão bem através de diferentes abordagens de acordo com Huntingford *et al.*, (2012). Se a ingestão de alimentos, crescimento e reprodução forem adequados (abordagem baseada em funções); se houver controle de medo, dor e sofrimento (abordagem baseada em sentimentos); se puderem expressar o repertório comportamental natural (abordagem baseada na natureza do animal). Além disso, uma das formas atuais de compreender o bem-estar é considerar o que os animais preferem (Dawkins, 2021; Volpato *et al.*, 2007) e o que eles evitam (Maia *et al.*, 2021).

Dessa forma, o bem-estar em peixes pode ser avaliado por vários indicadores e em diferentes abordagens (Barreto *et al.*, 2022), abrangendo uma variedade de aspectos fisiológicos e comportamentais (Gauy *et al.*, 2022). No aspecto fisiológico é comum avaliarmos a variação do nível de cortisol plasmático devido à elevação do estresse (Ellis *et al.*, 2012; Huntingford *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2012); Na perspectiva comportamental, são observados comportamentos anormais (Huntingford *et al.*, 2006; Martins *et al.*, 2012), estereotipados (Almazán Rueda; Schrama; Verreth,

2004) e alterações no comportamento agressivo (Boscolo; Moraes; Gonçalves-De-Freitas, 2011; Gauy; Boscolo; Gonçalves-De-Freitas, 2018; Martins *et al.*, 2012). O comportamento agressivo, embora seja natural em muitas espécies territoriais, se prolongado ou exacerbado, pode resultar em injúrias físicas e até mesmo a morte (Greaves & Tuene, 2001; Johnsson *et al.*, 2006). Além disso, o aumento da agressividade pode levar a um aumento no gasto energético, interferindo no crescimento e na reprodução desses peixes (Fernandes & Volpato, 1993; Damsgard & Huntingford, 2012).

Além das respostas comportamentais e fisiológicas, os parâmetros de crescimento também são considerados indicadores fundamentais de bem-estar em peixes. Por exemplo, o crescimento dos peixes pode ser diretamente afetado pela diminuição do comportamento alimentar (Ellis *et al.*, 2012; Wendelaar Bonga, 1997) e do gasto energético com respostas ao estresse social (Ellis *et al.*, 2012; Gonçalves-de-Freitas *et al.*, 2019). Diante desses desafios, surge a necessidade de desenvolver e implementar estratégias eficazes para mitigar esses efeitos negativos e promover o bem-estar na piscicultura (Gonçalves-de-Freitas *et al.*, 2019), como por exemplo, por meio de enriquecimento ambiental (Arechavala-Lopez *et al.*, 2022)

Uma forma de reduzir estresse e melhorar o bem-estar em vertebrados, que tem sido utilizada recentemente, é a estimulação tátil corporal semelhante a toques ou massagens terapêuticas. Em humanos, a estimulação tátil é amplamente reconhecida pelos múltiplos benefícios, pois reduz os níveis de estresse de forma significativa, além de melhorar a resposta imunológica, que é responsável pelo aumento a resistência a diversas doenças (Charnetski *et al.*, 2004; Field, 1995). Além disso, a estimulação tátil é fundamental no tratamento de transtornos depressivos, principalmente por promover a elevação dos níveis de serotonina, uma monoamina essencial para a regulação do humor e do bem-estar (Field *et al.*, 2005). Esses efeitos também foram descritos em diversas espécies animais, incluindo mamíferos não humanos. Estudos demonstraram que a estimulação tátil promove benefícios em bois e vacas (Schmied *et al.*, 2010; Probst *et al.*, 2013), leitões (Tallet *et al.*, 2014), e cães (Rehn *et al.*, 2014). Em peixes, a estimulação tátil artificial tem se mostrado promissora, pois tem favorecido a redução do estresse em espécies marinhas (Soares *et al.*, 2011) e a minimização do medo em peixes-zebra (Schirmer *et al.*, 2013). Essas observações reforçam o potencial de aplicação da estimulação tátil como uma intervenção eficaz para a promoção do bem-estar em diversas espécies animais.

A estimulação tátil é um tipo de atividade sensorial que se inicia nos mecanorreceptores distribuídos pelo corpo, ascendendo pela medula espinhal até alcançar diversas regiões encefálicas do sistema nervoso central (Lloyd *et al.*, 2015). Nos peixes, esses mecanorreceptores estão distribuídos ao longo da linha lateral, nadadeiras e outras regiões da pele (Devitsina *et al.*, 2020). Esse sistema é comparável ao dos mamíferos, cuja estimulação mecânica pode ativar neurônios dopaminérgicos e serotoninérgicos, que desempenham papéis de grande importância na modulação da agressividade e estresse dos peixes (Lillesaar, 2011).

Estudos recentes em nosso laboratório têm mostrado que a estimulação pode influenciar positivamente o bem-estar dos peixes, da mesma forma que em outras espécies animais. Os resultados obtidos, até o momento, indicam uma eficácia promissora desse método em desenvolvimento. Pesquisas anteriores já indicam que em machos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) foi observada uma redução da agressividade em indivíduos previamente isolados (Bolognesi *et al.*, 2019), bem como uma melhora significativa na performance cognitiva (Bolognesi, 2022). Além disso, constatou-se a redução dos efeitos negativos da alta densidade de estocagem e o aumento do desempenho produtivo (Gauy *et al.*, 2023). Esses achados sugerem que a estimulação tátil pode representar uma estratégia eficiente para melhorar o bem-estar e o desempenho produtivo dos peixes em ambiente de criação, particularmente daqueles que utilizam de interações agressivas no comportamento social. Porém, a utilização desse tipo de enriquecimento deve ser testada em diversas espécies, já que o significado da estimulação tátil pode variar de acordo com o comportamento e a percepção do estímulo (Soares *et al.*, 2011).

O comércio de peixes ornamentais é uma prática que envolve o cultivo ou captura de espécies de peixes com características visuais atrativas, como cores vibrantes, padrões distintos e comportamentos interessantes. Esses peixes são populares tanto para aquários domésticos quanto para exposições em aquários públicos e, em conjunto dos equipamentos e acessórios necessários para sua manutenção, criou-se uma indústria multibilionária que movimenta de 1,5 a 2,0 bilhões de dólares por ano (Jones *et al.*, 2021; FAO, 2024). Aproximadamente 90% dos peixes ornamentais são originários de cativeiro e os outros 10% são peixes capturados na natureza (Oliver, 2003; Livengood & Chapman, 2007). Do total de peixes capturados na natureza, 4-10% são de origem marinha e 90-96% são de origem de água doce (Oliver 2001). De acordo com Livengood & Chapman (2007) ser um aquarista e um

criador de peixes exige um forte comprometimento e responsabilidade pelo bem-estar dos animais. Deve-se reconhecer que estão trabalhando com animais vivos e conhecer a origem dos peixes, práticas usadas para sua coleta, como foram criados e seus requisitos fisiológicos para poderem otimizar bem-estar de seus peixes e a construção de um mercado sustentável (Livengood & Chapman, 2007).

O objetivo desta dissertação é investigar o efeito da estimulação tátil no bem-estar de duas espécies de peixes ornamentais: o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) e o Betta (*Betta splendens*). Nossa hipótese sugere que os espécimes expostos à estimulação tátil demonstram melhorias nos indicadores de bem-estar, incluindo a redução dos comportamentos agressivos e melhorias no crescimento. Para testar essa hipótese, foram concebidos dois estudos específicos, nos quais serão divididas as nossas próximas seções:

Concluímos que vários estudos mostram que a estimulação tátil é eficiente na redução do estresse entre diferentes grupos de vertebrados (Field *et al.*, 2005; Probst *et al.*, 2012), incluindo peixes (Soares *et al.*, 2011; Bolognesi *et al.*, 2019; Gauy *et al.*, 2022; Gauy *et al.*, 2023, Armichaud *et al.*, 2024). Dessa forma, esperávamos observar a diminuição do número de interações agressivas no acará-bandeira, como ocorreu com a tilápia-do-nilo (Bolognesi *et al.*, 2019; Gauy, 2021). Podemos afirmar que os dados nos mostram a presença do efeito positivo da estimulação tátil sobre a agressividade e o crescimento em *P. scalare*, principalmente para os machos. Além disso, a longo prazo, a estimulação tátil pode melhorar também o bem-estar das

fêmeas, uma vez que poderão receber menos ataques dos machos. Assim, a estimulação tátil pode melhorar o bem-estar em grupos sociais de acará-bandeira.

5. REFERÊNCIAS

- ALONSO, Felipe et al. Social and reproductive physiology and behavior of the neotropical cichlid fish *Cichlasoma dimerus* under laboratory conditions. *Neotropical Ichthyology*, v. 9, p. 559-570, 2011.
- AMICHAUD, O., LAFOND, T., FAZEKAS, G. L., KLEIBER, A., KERNEIS, T., BATARD, A. & COLSON, V. (2024). Air bubble curtain improves the welfare of captive rainbow trout fry and fingerlings. *Aquaculture*, 586, 740828.
- ANANI, F. A.; NUNOO, F. K. E. Length-weight relationship and condition factor of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed farm-made and commercial tilapia diet. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 4, n. 5, p. 647–650, 2016.
- Amichaud, O., Lafond, T., Fazekas, G. L., Kleiber, A., Kerneis, T., Batard, A. & Colson, V. (2024). Air bubble curtain improves the welfare of captive rainbow trout fry and fingerlings. *Aquaculture*, 586, 740828.
- BAERENDS, Gerardus Pieter; BAERENDS-VAN ROON, J. M. An introduction to the study of the ethology of the cichlid fishes. *Behaviour. Supplement*, p. III-243, 1950.
- BARRETO, R. E. et al. Aggressive behaviour traits predict physiological stress responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 42(2), 109-118, 2009.
- BARTON, Bruce A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and comparative biology*, v. 42, n. 3, p. 517-525, 2002.
- BENDER, Nicole et al. The relationship between social status, behaviour, growth and steroids in male helpers and breeders of a cooperatively breeding cichlid. *Hormones and Behavior*, v. 50, n. 2, p. 173-182, 2006.
- BOLOGNESI, M. C. Tactile stimulation and welfare in Nile tilapia: effects on stress, aggressiveness and cognitive ability. 74 p. Tese de Doutorado – CAUNESP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2022.

BOLOGNESI, G., GAUY, A. C., & Gonçalves-De-Freitas, E. (2019). Effects of tactile stimulation on stress and aggression in isolated male tilapia. *Journal of Fish Biology*, 95(2), 309-318.

BOLOGNESI, M. C.; GAUY, A. C. S.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Tactile stimulation reduces aggressiveness but does not lower stress in a territorial fish. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, 10, Jan. 2019.

BRANDÃO, M.; DORIGÃO-GUIMARÃES, F.; BOLOGNESI, M. C.; GAUY, A. C. D. S.; PEREIRA, A. V. S.; VIAN, L.; CARVALHO T.B.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Understanding behaviour to improve the welfare of an ornamental fish. *Journal of Fish Biology*, v. 99, n. 3, p. 726-739, 2021.

CACHO, M. S. R. F.; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Mating system of the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare*. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, p. 161-165, 2007.

CARVALHO, Thaís B.; HA, James C.; GONÇALVES-DE-FREITAS, Eliane. Light intensity can trigger different agonistic responses in juveniles of three cichlid species. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, v. 45, n. 2, p. 91-100, 2012.

CASTRO, A. L. S.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E.; VOLPATO, G. L.; OLIVEIRA, C. Visual communication stimulates reproduction in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 42, p. 368-374, 2009.

CHAPMAN, Frank A. et al. United States of America trade in ornamental fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 28, n. 1, p. 1-10, 1997.

CHARNETSKI, C. J.; RIGGERS, S.; BRENNAN, F. X. Effect of petting a dog on immune system function. *Psychological Reports*, v. 95, p. 1087–1091, 2004.

DE VERDAL, H.; KOMEN, H.; QUILLET, E.; CHATAIN, B.; ALLAL, F.; BENZIE, J. A. H.; VANDEPUTTE, M. Improving feed efficiency in fish using selective breeding: A review. *Reviews in Aquaculture*, v. 10, n. 4, p. 833-851, 2017.

DEVITSINA, G. V.; LAPSHIN, D. N. A noninvasive electrophysiological investigation of tactile sensitivity in cyprinid fish (Cyprinidae). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, v. 56, n. 4, p. 338-347, 2020.

ELLIS, T.; YILDIZ, H. Y.; LÓPEZ-OLMEDA, J.; SPEDICATO, M. T.; TORT, L.; ØVERLI, Ø.; MARTINS, C. I. M. Cortisol and finfish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 38, p. 163-188, 2012.

FERNALD, R. D.; WRIGHT, S. E. Growth of the visual system in the African cichlid fish, *Haplochromis burtoni*. *Vision Research*, v. 25 n. 2, p. 163–170, 1985.

FIELD, T. Massage therapy for infants and children. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, v. 16, n. 2, p. 105-111, 1995.

FIELD, T.; HERNANDEZ-REIF, M.; DIEGO, M.; SCHANBERG, S.; KUHN, C. Cortisol decreases and serotonin and dopamine increase following massage therapy. *International Journal of Neuroscience*, v. 115, n. 10, p. 1397–1413, 2005.

FISHERIES, F. A. O. et al. The state of world fisheries and aquaculture 2024 blue transformation in action. 2024.

FROESE, R. Cube law, condition factor and weight–length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 22, n. 4, p. 241–253, 2006.

GAUY, Ana Carolina Dos Santos; BOSCOLO, Camila Nomura Pereira; GONÇALVES-DE-FREITAS, Eliane. Less water renewal reduces effects on social aggression of the cichlid *Pterophyllum scalare*. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 198, p. 121-126, 2018.

GAUY, A. C. S.; BOLOGNESI, M. C.; MARTINS, G. D.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Preference and Motivation Tests for Body Tactile Stimulation in Fish. *Animals*, v. 11, 2021.

GAUY, A.C.S.; BOLOGNESI, M.C. & GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Long-term body tactile stimulation reduces aggression and improves productive performance in Nile tilapia groups. *Sci Rep* 12, 20239 (2022).

GAUY, Ana Carolina dos Santos; BOLOGNESI, Marcela Cesar; GONÇALVES-DE-FREITAS, Eliane. Body Tactile Stimulation Reduces the Effects of High Stocking Density on the Welfare of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fishes*, v. 8, n. 6, p. 320, 2023.

GÓMEZ-LAPLAZA, Luis M.; MORGAN, Elfed. Effects of short-term isolation on the locomotor activity of the angelfish (*Pterophyllum scalare*). *Journal of Comparative Psychology*, v. 105, n. 4, p. 366, 1991.

GÓMEZ-LAPLAZA, Luis M.; MORGAN, Elfed. The effect of time spent in isolation on the response to novel nonsocial stimulation in the angelfish *Pterophyllum scalare*. *Canadian journal of zoology*, v. 78, n. 4, p. 530-537, 2000.

GONÇALVES-DE-FREITAS, E.; et al. Social Behavior and Welfare in Nile Tilapia. *Fishes* – 4, 23 – 2019.

GONÇALVES-DE-FREITAS, E., CARVALHO, T. B., & OLIVEIRA, R. F. Photoperiod modulation of aggressive behavior is independent of androgens in a tropical cichlid fish. *General and Comparative Endocrinology*, 207, 41-49, 2014.

GRANDE, Andrew et al. Environmental impact on direct neuronal reprogramming in vivo in the adult brain. *Nature communications*, v. 4, n. 1, p. 2373, 2013.

HUNTINGFORD, Felicity A. et al. Current issues in fish welfare. *Journal of fish biology*, v. 68, n. 2, p. 332-372, 2006.

JAMES, Katharine Ann et al. Understanding the relationships between physiological and psychosocial stress, cortisol and cognition. *Frontiers in Endocrinology*, v. 14, p. 1085950, 2023.

KOHDA, Masanori et al. If a fish can pass the mark test, what are the implications for consciousness and self-awareness testing in animals?. *PLoS biology*, v. 17, n. 2, p. e3000021, 2019.

KORZAN, W. J.; ROBISON, R. R.; ZHAO, S.; FERNALD, R. D. Color change as a potential behavioral strategy. *Hormones and Behavior*, v. 54, n. 3, p. 463–470, 2008.

LEATHERLAND, J.; WOO, P. T. K. *Fish Diseases and Disorders: non-infectious disorders*. 2. ed. Ontario: CABI, 416 p., 2010.

LEMOS, Leila Soledade et al. Cortisol as a stress indicator in fish: sampling methods, analytical techniques, and organic pollutant exposure assessments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 13, p. 6237, 2023.

LLOYD, Donna M.; MCGLONE, Francis P.; YOSIPOVITCH, Gil. Somatosensory pleasure circuit: from skin to brain and back. *Experimental dermatology*, v. 24, n. 5, p. 321-324, 2015.

LLOYD, Evan et al. Diversity in rest–activity patterns among Lake Malawi cichlid fishes suggests a novel axis of habitat partitioning. *Journal of Experimental Biology*, v. 224, n. 7, p. jeb242186, 2021.

LLOYD, Evan et al. Ontogeny and social context regulate the circadian activity patterns of Lake Malawi cichlids. *Journal of Comparative Physiology B*, p. 1-15, 2023.

MAIA, C. M., & VOLPATO, G. L. (2013). Influence of blue substrate on stress response in fish. *Journal of Fish Biology*, 82(5), 1786-1791.

MARUSKA, Karen P. et al. Endocrine and neuroendocrine regulation of social status in cichlid fishes. *Hormones and Behavior*, v. 139, p. 105110, 2022.

MCKENZIE, D. J. Swimming and other activities. *Encycl. Fish Physiol*, v. 3, p. 1636-1644, 2011.

NÄSLUND, J.; JOHNSON, J. I. Environmental enrichment for fish in captive environments: Effects of physical structures and substrates. *Fish and Fisheries*, v. 17, p. 1–30, 2014.

OLIVEIRA, Rui F.; ALMADA, Vitor C. Androgenization of dominant males in a cichlid fish: androgens mediate the social modulation of sexually dimorphic traits. *Ethology*, v. 104, n. 10, p. 841-858, 1998.

OLIVEIRA, Rui F.; CARNEIRO, Luis A.; CANÁRIO, Adelino VM. No hormonal response in tied fights. *Nature*, v. 437, n. 7056, p. 207-208, 2005.

OLIVEIRA, Rui F.; GONÇALVES, David M. Hormones and social behaviour of teleost fish. *Fish behaviour*, p. 61-125, 2008.

- POTTINGER, T. G. The stress response in fish – Mechanisms, effects and measurement. In: BRANSON, E. J. (Ed.), *Fish Welfare*. Blackwell Publishing Ltd, UK, p. 32–48, 2008.
- PROBST, J. K.; HILLMANN, E.; LEIBER, F.; KREUZER, M.; NEFF, A. S. Influence of gentle touching applied few weeks before slaughter on avoidance distance and slaughter stress in finishing cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 144, n. 1–2, p. 14–21, 2013.
- PROBST, J. K.; NEFF, A. S.; LEIBER, F.; KREUZER, M.; HILLMANN, E. Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 139, n. 1-2, p. 42-49, Jun. 2012.
- REDDON, A. R., *et al.* (2012). Effects of isotocin on social responses in a cooperatively breeding fish. *Animal Behaviour*, 84(4), 753-760.
- REEBS, Stephan G. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 12, p. 349-371, 2002.
- REHN, T.; HANDLIN, L.; UVNÄS-MOBERG, K.; KEELING, L. J. Dog's endocrine and behavioural responses at reunion are affected by how the human initiates contact. *Physiology & Behaviour*, v. 124, p. 45-53, 2014.
- ROS, Albert FH; BECKER, Klaus; OLIVEIRA, Rui F. Aggressive behaviour and energy metabolism in a cichlid fish, *Oreochromis mossambicus*. *Physiology & Behavior*, v. 89, n. 2, p. 164-170, 2006.
- SARAIVA, J. L.; KELLER-COSTA, T.; HUBBARD, P. C.; RATO, A.; CANÁRIO, A. V.M. Chemical diplomacy in male tilapia: urinary signal increases sex hormone and decreases aggression. *Sci. Rep.* 7, p. 1–9, 2017.
- SCHIRMER, Annett; JESUTHASAN, Suresh; MATHURU, Ajay S. Tactile stimulation reduces fear in fish. *Frontiers in behavioral neuroscience*, v. 7, p. 167, 2013.
- SCHMIED, C.; BOIVIN, X.; SCALA, S.; WAIBLINGER, S. Effect of previous stroking on reactions to a veterinary procedure: Behaviour and heart rate of dairy cows. *Interaction Studies*, v. 11, n. 3, p. 467-481, 2010.

SNEDDON, L. U.; BRAITHWAITE, V. A.; GENTLE, M. J. Novel object test: examining nociception and fear in the rainbow trout. *The Journal of Pain*, v. 4, n. 8, p. 431–440, 2003.

SOARES, M. C.; OLIVEIRA, R. F.; ROS, A. F.H.; GRUTTER, A. S.; BSHARY, R. Tactile stimulation lowers stress in fish. *Nature Communications*, v. 2, n. 1, 2011.

TALLET, C.; SY, K.; PRUNIER, A.; NOWAK, R.; BOISSY, A.; BOIVIN, X. Behavioural and physiological reactions of piglets to gentle tactile interactions vary according to their previous experience with humans. *Livestock Science*, v. 167, p. 331–341, 2014.

THILAKARATHNE, K. G. D. D. et al. Embryonic and larval development in the freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*). *Sri Lanka J. Aquat. Sci*, v. 26, n. 1, p. 25–36, 2021.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. *Physiol. Rev.* 77, 591–625 1997.

XU, Xiuwen et al. Changes in aggressive behavior, cortisol and brain monoamines during the formation of social hierarchy in black rockfish (*Sebastes schlegelii*). **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2357, 2020.

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