



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
E RECURSOS PESQUEIROS



Efeitos do sal comum na reprodução de matrinxã, *Brycon amazonicus*
(Spix & Agassiz, 1829): aspectos fisiológicos e comportamentais

EIKE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Manaus - Amazonas
Março, 2026

EIKE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Efeitos do sal comum na reprodução de matrinxã, *Brycon amazonicus*
(Spix & Agassiz, 1829): aspectos fisiológicos e comportamentais

Orientador: Dr. Wallice Luiz Paxiúba Duncan

Coorientadora: Dra. Thais Billalba Carvalho

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas como requisito final para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração Produção Animal.

Manaus - Amazonas

Março, 2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- O48e Oliveira, Eike Nascimento de
 Efeitos do sal comum na reprodução de matrinxã, *Brycon amazonicus*
 (Spix & Agassiz, 1829): aspectos fisiológicos e comportamentais / Eike
 Nascimento de Oliveira. - 2026.
 54 f. ; 31 cm.
- Orientador(a): Wallice Luiz Paxiúba Duncan.
 Coorientador(a): Thais Billalba Carvalho.
 Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de
 Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus, 2026.
1. Etograma. 2. Salinidade. 3. Interação social. 4. Peixes. I. Duncan,
 Wallice Luiz Paxiúba. II. Carvalho, Thais Billalba. III. Universidade
 Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e
 Recursos Pesqueiros. IV. Título
-

ElKE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

EFEITOS DO SAL COMUM NA REPRODUÇÃO DE MATRINXÃ, *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIZ, 1829): ASPECTOS FISIOLÓGICOS E COMPORTAMENTAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Aprovado em 27 de março de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 WALLICE LUIZ PAXIUBA DUNCAN
 Data: 31/03/2026 10:46:58-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Wallace Luiz Paxiuba Duncan – Presidente
 Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente
 RAFAEL YUTAKA KURADOMI
 Data: 31/03/2026 16:29:01-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rafael Yutaka Kuradomi – Membro
 Universidade Federal do Amazonas

Assinado digitalmente por PAULO
 HENRIQUE ROCHA
 ARIDE:021827677
 03
 Assinado digitalmente por PAULO
 HENRIQUE ROCHA ARIDE:02182767703
 ND: C=BR, O=CPF-Brasil, OU=Presidência,
 OU=00489828000317, OU=Secretaria de
 Receita Federal do Brasil - RFB, OU=
 ARAPPOB, OU=RFB e-CPF A3, OU=PAULO
 HENRIQUE ROCHA ARIDE:02182767703
 Razão: Eu sou o autor deste documento
 Localidade:
 Data: 2025.03.31 14:30:16-04'00"
 Fonte: PDF Reader Versão: 2025.2.0

Dr. Paulo Henrique Rocha Aride – Membro
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

Documento assinado digitalmente
 DANIELLA APARECIDA DE JESUS PAULA
 Data: 01/04/2026 08:14:55-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Daniella Aparecida de Jesus Paula – Membro
 Universidade Federal do Piauí

Documento assinado digitalmente
 EDUARDO ANTONIO SANCHES
 Data: 31/03/2026 11:19:10-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Eduardo Antônio Sanches – Membro
 Universidade Estadual Paulista

"Se não fossem vocês, eu não chegaria até aqui."

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que guiou a mim e principalmente todos aqueles que estavam ao meu lado, pra me ajudar e me mostrar o porque de continuar. Agradeço aos meus pais (Arthemisa e Vidal), minha esposa e filha (Joana e Naia), meus irmãos (Eyder, Guilherme, Paulo e Ana Beatriz), meus primos (Edvan, Erick, Elizeu e Petterson), meus amigos (Klilton, Uerbeth, Maia, Brener, Arley, Alan), aos diretores e funcionários da fazenda da UFAM (Kleyver, Perdigão, Agnaldo, Ulisses, Lincon e Klemerson), aos anjos e amigos que me ajudaram diretamente na fazenda da UFAM (Carol, Philip e Gleiderson), meus orientadores (Wallice Duncan e Thais Billalba), e meus pais científicos (Ana Lucia, Christiane Patrícia e Silfran Marialva).

Tudo que consegui foi com vocês e para vocês, no final quando pensei em desistir meu orientador me disse, pensa na tua filha, verdade, tudo que fazemos hoje, são para aqueles que vamos deixar na terra, não temos o direito de desistir, só devemos prosseguir. E por isso que estou aqui, quero me sentir um dia o exemplo que vocês falam que eu sou.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas-FAPEAM, ao Programa de Pós Graduação em Ciencia Animal e Recurso Pesqueiro- CARP e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pelo financiamento deste estudo, e a Central Analítica pelo fornecimento de nitrogênio.

A todos vocês, o meu, muito obrigado.

RESUMO

O sal comum é amplamente utilizado na piscicultura como redutor do estresse, porém, pouco se conhece sobre as concentrações adequadas para a sua utilização durante a reprodução de matrinxã, *Brycon amazonicus*. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do sal na água durante a reprodução da matrinxã. Este estudo foi dividido em três capítulos: 1º Capítulo- foi realizada uma revisão de literatura sobre a matrinxã e o efeito da utilização do sal comum na água sobre o comportamento social e as condições estressoras; 2º Capítulo: Foi avaliado as concentrações de sais (0,6,10,14 e 15 g/L) durante um teste de toxicidade agudo, sendo indicado o uso de 6 g/L em juvenis de *Brycon amazonicus* durante 96 horas, e que salinidades acima de 15 g/L causa mortalidade; 3º Capítulo: foi elaborado o etograma de interações sociais para *B. amazonicus*, sendo avaliado o comportamento reprodutivo em duas salinidades (0 e 2 g/L), mostrando que maiores níveis de salinidade ocasionaram o aumento das interações agressivas entre as fêmeas. Porém, essa condição diminuiu os níveis de cortisol em machos e aumentou o gasto energético nos parâmetros eritrocitários das fêmeas, evidenciado por não mostrar diferença entre as taxas de fertilização e eclosão.

Palavras-chave: Etograma; Salinidade; Interação social; Peixes

ABSTRACT

Common salt is widely used in fish farming as a stress reducer; however, little is known about the appropriate concentrations for its use during the reproduction of matrinxã, *Brycon amazonicus*. The aim of this study was to evaluate the effect of salt in water during matrinxã reproduction. This study was divided into three chapters: 1st Chapter - a literature review was carried out on matrinxã and the effect of the use of common salt in water on social behavior and stressful conditions; Chapter 2: Salt concentrations (0,6,10,14 and 15 g/L) were evaluated during an acute toxicity test, indicating the use of 6 g/L in juveniles of *Brycon amazonicus* for 96 hours, and that salinities above 15 g/L cause mortality; Chapter 3: the ethogram of social interactions for *B. amazonicus* was elaborated, and the reproductive behavior was evaluated in two salinities (0 and 2 g/L), showing that higher levels of salinity caused an increase in aggressive interactions between females. However, this condition decreased cortisol levels in males and increased energy expenditure in the erythrocyte parameters of females, evidenced by the fact that there was no difference between fertilization and hatching rates.

Keywords: Ethogram; Salinity; Social interaction; Pisces.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Média ($\pm$ erro padrão) dos níveis de cortisol plasmáticos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L). ANOVA de uma via, letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Fisher LSD, $p < 0,05$).....25
- Figura 2. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre fêmeas e machos, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos). Asterisco (*) indicam diferença entre os tratamentos (test t, $p < 0,05$).....43
- Figura 3. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre fêmeas, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos). Asterisco (*) indicam diferença entre os tratamentos (test t, $p < 0,05$).....44
- Figura 4. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre machos e fêmeas, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos). Asterisco (*) indicam diferença entre os tratamentos (test t, $p < 0,05$).....45
- Figura 5. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre machos, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos). Asterisco (*) indicam diferença entre os tratamentos (test t, $p < 0,05$).....45
- Figura 6. Média ($\pm$ erro padrão) das taxas de produtividade: fertilização e eclosão para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L). Asterisco (*) indicam diferença entre os tratamentos (teste t, $p < 0,05$).....46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média ($\pm$ desvio padrão) dos parâmetros hematológicos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L).....	24
Tabela 2. Média ($\pm$ desvio padrão) dos níveis de íons plasmáticos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L).....	24
Tabela 3. Média ($\pm$ desvio padrão) dos parâmetros bioquímicos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L).....	25
Tabela 4. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros bioquímicos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmeas de <i>B. amazonicus</i>	37
Tabela 5. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros bioquímicos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de <i>B. amazonicus</i>	38
Tabela 6. Média ($\pm$ erro padrão) dos níveis de íons plasmáticos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmeas de <i>B. amazonicus</i>	39
Tabela 7. Média ($\pm$ erro padrão) dos níveis de íons plasmáticos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de <i>B. amazonicus</i>	39
Tabela 8. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros eritrocitários para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmea de <i>B. amazonicus</i>	40
Tabela 9. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros eritrocitários para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de <i>B. amazonicus</i>	41
Tabela 10. Média ($\pm$ erro padrão) do nível de cortisol plasmático para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmea e macho de <i>B. amazonicus</i>	42
Tabela 11. Etograma da interação agressiva durante o processo reprodutivo para machos e fêmeas de <i>Brycon amazonicus</i>	43

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA.....	2
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo Geral	5
2.2. Objetivos Específicos	5
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1 A produção da piscicultura de espécies nativas	6
3.2 Matrinxã, <i>Brycon amazonicus</i>	7
3.3 Comportamento animal e reprodutivo	8
3.4 Sal (NaCl).....	10
4. REFERÊNCIAS	13
CAPÍTULO II – Efeito do cloreto de sódio em parâmetros fisiológicos de juvenis de <i>Brycon amazonicus</i> (matrinxã)	21
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
Local do estudo e nota ética	21
Delineamento experimental.....	21
Parâmetros sanguíneos	22
Características físicas e químicas da água.....	23
Análise de dados.....	23
6. RESULTADOS.....	23
7. DISCUSSÃO	26
8. CONCLUSÃO	28
9. REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO III – O sal como estimulador da reprodução e redutor do estresse em adultos de matrinxã.....	32
10. MATERIAL E MÉTODOS	32
Local do estudo e nota ética	32
Delineamento experimental.....	32
Parâmetros fisiológicos	33
Comportamento reprodutivo	34
Fertilização e eclosão	35
Características físicas e químicas da água.....	35
Análise de dados	36
11. RESULTADOS	37
12. DISCUSSÃO	46

13.	CONCLUSÃO.....	49
14.	REFERÊNCIAS	50
15.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

O ambiente de criação é considerado um agente estressor para os peixes, pois pode induzir respostas fisiológicas e alterações comportamentais associadas ao estresse e bem-estar dos animais (Conte, 2004). Além disso, a maturação gonadal e a gametogênese demandam bastante energia para os peixes, fazendo com que esses eventos atuem como potenciais estressores e desencadeiem ajustes fisiológicos associados (Wootton, 1985), tais como, o aumento nos níveis plasmáticos de cortisol que, por sua vez, afeta parâmetros reprodutivos. De fato, a injeção de cortisol reduziu o índice gonadossomático e o tamanho dos oócitos em *Oreochromis mossambicus* (Foo & Lam, 1993). O cortisol também pode atuar na pituitária e nas gônadas, diminuindo, respectivamente, a secreção de gonadotropina e de esteroides sexuais (Welsh et al., 1982; Pickering, 1993; Pankhurst & Van der Kraak, 2000; Silveira, 2009). Por outro lado, esse hormônio não afetou as taxas de fertilização e eclosão em *O. niloticus* (Gennotte et al., 2012), indicando que o efeito do cortisol na reprodução pode ser espécie específico.

De acordo com Wendelaar-Bonga (1997), o cortisol desloca a energia, que seria destinada ao crescimento e a reprodução, para os ajustes fisiológicos necessários no reestabelecimento da estabilidade orgânica. A produção do cortisol em peixes ocorre pelo eixo HPI (Hipotálamo-Pituitária-Inter-renais), sendo as células inter-renais as responsáveis pela sua distribuição na corrente sanguínea, atuando no metabolismo energético e no balanço iônico (Wendelaar-Bonga, 1997). Aumentos nos níveis deste hormônio estão associados à disponibilização de substratos energéticos, como aumento na glicose plasmática, disponibilizando assim energia para a produção de eritrócitos e, consequente aumento na captação de oxigênio (Wendelaar-Bonga, 1997). Além disso, o cortisol atua no aumento da atividade dos trocadores iônicos, como a Na^+/K^+ ATPase, responsáveis pelo balanço hidromineral em peixes (Wendelaar-Bonga, 1997; Tavares-Dias & Mariano, 2015).

Os teleósteos de água doce são hiperósmicos, pois a concentração de íons na água é menor do que no seu interior (Altinok & Grizzle, 2004). Esses peixes apresentam mecanismos para manter essa diferença de concentração, como trocas iônicas pelas brânquias, rins, intestino e superfície corporal, além da excreção por meio das fezes e urina hiposmótica, demandando gasto de energia com a osmorregulação (McCormick,

2001). Dentro deste contexto, o sal (NaCl) é amplamente utilizado como atenuante do efeito estressor do manejo e transporte de peixes (García-Magaña et al., 2019; Kenter et al., 2019), pois aproxima a concentração iônica entre a água e o plasma, tornando o meio externo menos hiposmótico e, por sua vez, reduzindo a perda de íons por difusão para o meio externo (Altinok & Grizzle, 2004).

De fato, os processos osmorregulatórios e o metabolismo podem ser influenciados pela salinidade da água, favorecendo o desempenho zootécnico em gradientes adequados (Jomori et al., 2013). Segundo de Oliveira et al. (em preparação), a adição de sal comum na água reduziu a atividade da Na⁺/K⁺ ATPase e promoveu uma redistribuição nas células cloretos em juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*). Esses resultados indicam uma menor atividade e área para absorção de íons que, por sua vez, refletiu-se no menor aporte de oxigênio evidenciado pela menor quantidade de eritrócitos.

O aumento da salinidade da água aumentou a locomoção e a agressividade das larvas de matrinxã, no entanto não houve aumento dos níveis de cortisol plasmático. A agressividade está intimamente ligada no contexto da reprodução de espécies de peixes, a agressividade dos machos de *Pterophyllum scalare* esteve relacionada a sobrevivência das larvas (Cacho et al., 2006). Além disso, fêmeas de *Cichlasoma dimerus* no estágio de pré-desova apresentaram maior agressividade, níveis elevados de andrógeno, estradiol plasmático e índices gonadossomáticos máximos (Tubert et al., 2012). Entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos do uso de água com baixa salinidade na agressividade, para reprodutores de peixes de água doce, especialmente para espécies nativas.

Além dos efeitos descritos acima, a mudança da salinidade da água evidenciou uma correlação positiva entre a osmolaridade plasmática e os níveis plasmáticos do neuro-hormônio arginina-vasotocina (AVT) em *Platichthys flesus* (Bond et al., 2002; Warne et al., 2005). O AVT também apresenta efeito direto em parâmetros reprodutivos em peixes, pois atua na secreção de prostaglandinas e na maturação final e liberação dos oócitos em Heteropneustes fossilis (Joy & Chaube, 2015). Além disso, a manipulação de AVT exógeno aumentou a exibição do comportamento de corte em Morone americana (Salek et al., 2002), o que evidencia que este hormônio pode potencializar aspectos reprodutivos em peixes.

De modo geral, situações estressoras afetam negativamente a performance

reprodutiva em teleósteos (Wingfield & Sapolsky, 2003). Assim, este projeto tem por objetivo avaliar se a adição de sal comum (NaCl) na água estimula parâmetros reprodutivos em matrinxã, *Brycon amazonicus*.

A matrinxã (*Brycon amazonicus*, Spix & Agassiz, 1829) é a segunda espécie de peixe mais produzida na região Amazônica, e no cenário nacional a sua maior produção também se encontra nessa região (55,3%), tendo o seu foco no município de Rio Preto da Eva- AM (IBGE, 2021). Características zootécnicas favorecem a criação desta espécie, tais como, boa aceitação de ração comercial e rápido crescimento em sistemas intensivos e semi-intensivos (Brandão et al., 2005). Dessa forma, a criação da matrinxã oferece um grande potencial para o agronegócio nacional, principalmente porque o ambiente dispõe de condições edafoclimáticas favoráveis à produção, promovendo o bom desempenho em sistemas artificiais (Izel & Melo, 2004; Ono, 2005).

Apesar dessas qualidades, há problemas básicos na produção da matrinxã como, por exemplo, relacionado à reprodução, fazendo assim que as ofertas de larvas e juvenis sejam escassas (Camargo & Urbinati, 2008). A maturidade sexual é atingida entre dois e três anos de vida, a depender do estado nutricional do animal (Gomes & Urbinati, 2010). Em ambiente natural, o período reprodutivo da espécie ocorre durante o período chuvoso (entre outubro a janeiro) quando ocorre maior carreamento de sedimentos dos rios de água branca fazendo com que haja aumento da carga iônica, ou seja, da condutividade da água (Barthem & Fabré, 2004).

Por ser uma espécie que apresenta comportamento migratório e que vive em ambientes de correnteza (Ferreira et al., 1998), a matrinxã não se reproduz naturalmente em condições artificiais. Diferente do que ocorre na natureza, em ambiente artificial o seu ciclo reprodutivo é afetado, não completando a ovogênese e a desova e, conseqüentemente, sendo necessário o uso de reprodução induzida (Bernardino et al., 1993; Gadelha & Araújo, 2013). Apesar dessa técnica já ter sido testada em matrinxã, o resultado final ainda é insatisfatório, necessitando de mais estudos sobre os mecanismos que afetam o sucesso de fecundação na reprodução induzida para essa espécie.

Diante do exposto, espera-se que a maior salinidade reduza os efeitos fisiológicos decorrentes da condição estressora desencadeada pela prática da reprodução induzida; aumente os indicadores de desempenho reprodutivo e atue estimulando o comportamento social em reprodutores de matrinxã, *B. amazonicus*.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo Geral

Avaliar o uso do sal (NaCl) em *Brycon amazonicus*: Toxicidade de juvenis, interações sociais e indicadores de estresse na reprodução induzida

2.2.Objetivos Específicos

Mensurar a concentração letal de sal para juvenis de matrinxã.

Avaliar o cortisol e os parâmetros de estresse secundários em matrizes de matrinxã em relação à salinidade.

Descrever a interação social da matrinxã.

Quantificar o comportamento reprodutivo da matrinxã em relação a adição de sal na água.

Avaliar se o uso de sal na água aumenta as taxas de fertilização e de eclosão para a matrinxã.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A produção da piscicultura de espécies nativas

A produção de espécies nativas vem sofrendo uma queda modesta nos últimos anos, ocasionando assim a redução da oferta deste produto no mercado. O recuo da produção de espécies nativas chegou a 1,81%, fechando 2024 com 258.705 toneladas, valor inferior ao ano de 2023 com 263.705 toneladas, o aumento do preço manteve a lucratividade, o envolvimento de órgãos públicos é necessário para suprir a demanda do mercado. A região Norte não apresentou avanço significativo desde 2023, sendo que sua produção foi de 143.096 para 143.190 toneladas em 2024 (Peixe BR, 2025).

Espécies como o Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1816), pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) (Characiformes, Serrasalminidae), e seus híbridos, contribuem com uma parcela significativa da aquicultura no Brasil (IBGE, 2023). No Amazonas, segundo a Pesquisa Pecuária Municipal (PPM, 2023) a produção de Tambaqui chegou a 8,54 milhões de quilos e 2,89 milhões de quilos de Matrinxã (*Brycon amazonicus*). A região metropolitana de Manaus acumula maior parte desta produção com destaque para Manacapuru (1,9 mil toneladas) e Rio Preto da Eva (1,5 mil toneladas) (IBGE, 2024)

O aumento da produção está associado com novas tecnologias aplicadas ao cultivo (Sampaio-Nakauth et al., 2025). A utilização de aeradores, probióticos e rações balanceadas para cada etapa da criação já mostraram sua importância tanto no aumento da produção, como na melhoria do bem estar do cultivo (Porto et al., 2021; Souza & Ferreira, 2022). Porém alguns cuidados básicos durante a produção de peixes ainda não são levados a sério por diversos produtores, principalmente os de pequeno porte, tais como biometrias mensais, transferências para reduzir a heterogeneidade do lote e o cuidado com o bem estar animal (Aljehani et al., 2023).

O cuidado com o bem estar animal está ligado intimamente ao aumento da produção, pois reflete na melhoria do desempenho zootécnico e na redução da

mortalidade em todos os estágios de vida dos animais, como por exemplo, durante o cultivo de matrizes, sendo essas de alto valor comercial (Aljehani et al., 2023). Espécies como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e a matrinxã (*Brycon amazonicus*), são valorizadas principalmente pela maior disponibilidade de pós larvas e juvenis, que alimentam o mercado consumidor (Petillo et al., 2025). O tambaqui pode ser reproduzido durante todo o ano, com maiores índices entre outubro e janeiro, já a matrinxã somente nesses meses citados, isso faz com que a sua disponibilidade seja mais escassa do que o tambaqui, aumentando assim o preço das pós larvas (Sampaio-Nakauth et al., 2025). Com isso, o bem estar das matrizes é de suma importância, para a alimentação do mercado consumidor.

3.2 Matrinxã, *Brycon amazonicus*

A matrinxã (*Brycon amazonicus*) é uma espécie da ordem Characiformes, família Bryconidae, e gênero *Brycon*, oriunda da bacia Amazônica (Howes, 1982). Além de ter grande importância na pesca de subsistência (Batista et al., 2000), essa espécie também é promissora na piscicultura por apresentar características zootécnicas favoráveis à sua produção, podendo ser mantida em sistemas semi-intensivo e intensivo (Brandão et al., 2005). Características estas, que tornam a segunda espécie mais produzida na região amazônica, perdendo somente para o tambaqui (Ferraz et al., 2025). No entanto, a matrinxã exibe comportamento agressivo durante todo o seu ciclo de vida que reflete em altos índices de mortalidade, especialmente em decorrência do confinamento e do adensamento durante a cadeia produtiva (Hoshiba, 2007; Ferraz & Gomes, 2009; Carvalho et al., 2018).

Essa agressividade está relacionada com a hierarquia de dominância, sendo assim, animais dominantes tem maior disponibilidade de recursos, tais como alimentar e territorial, além disso é observado comportamento gregário durante o período reprodutivo (Affonso et al., 2012). O início do período chuvoso atua como um estímulo para o comportamento migratório, sincronizando assim seus movimentos de locomoção com os níveis da água (Villacorta-Corrêa, 1987), característica de espécies reofilicas (Lowe-McConnell, 1975; Godoy, 1975).

Durante a subida para as cabeceiras dos rios, conhecida como piracema ou arribada, os peixes procuram águas com maior quantidade de nutrientes, exibem comportamento reprodutivo evidenciado pela natação circular e, após isso, depositam seus ovos que são carregados a jusante do rio, padrão observado para espécies da ordem Characiformes (Menezes & Vazzoler, 1992).

Por ser uma espécie reofilica, em ambiente de criação, a matrinxã não completa a ovogênese e a desova, sendo assim necessária a indução hormonal para a sua reprodução (Bernardino et al., 1993; Gomes & Urbinati, 2005). Esta prática, por sua vez, pode ser considerada um agente estressor para os peixes, induzindo respostas fisiológicas e alterações comportamentais associadas ao estresse e bem-estar dos animais (Conte, 2004). Outro entrave, é que somente durante o período chuvoso observa-se a reprodução dessa espécie, fazendo com que as ofertas de larvas e juvenis de matrinxã sejam escassas. Diante disso, a manipulação de fatores que reduzam a condição estressora da reprodução em sistema artificial e que potencializem a exibição do comportamento reprodutivo pode ser uma alternativa para estimular o sucesso de fecundação da matrinxã.

3.3 Comportamento animal e reprodutivo

O comportamento animal é descrito como uma série de ações motoras exibidas, com o objetivo de satisfazer necessidades fisiológicas e de sobrevivência, sendo uma resposta fisiológica interna a estímulos ambientais externos (Hong et al., 2023). O estudo do comportamento, observa padrões de atividade corporais essenciais a compreensão de mecanismos de adaptação ambiental que apoiam estratégias comportamentais (Bohatová & Vďačný, 2018). O conjunto de comportamentos, criado a partir de observações, identificações e registro é conhecido como etograma, sendo este fundamental na quantificação do comportamento (Luo et al., 2023).

A interação de indivíduos da mesma espécie (intraespecífico) ou de espécies diferentes (interespecífico) é conhecido como comportamento social, comportamento como o cortejo, o acasalamento e a agressão são essências para o

desenvolvimento da hierarquia entre indivíduos da mesma espécie de peixes (Cavallino et al., 2023).

A agressividade é o reflexo da competição por recursos (ex. territorial e parceiros reprodutivos), onde os dominantes detêm o controle hierárquico, logo, interações agressivas são fundamentais durante a reprodução (Huntingford & Tuner, 1987; Gonçalves-de-Freitas et al., 2009).

O comportamento reprodutivo é regulado pelo eixo hipotálamo-hipófise-gônadas, o qual pode ser modulado por diversos fatores ambientais, entre eles, a temperatura da água, o fotoperíodo, a mudança de correnteza dos rios, a osmolaridade e a condutividade do meio externo (Desjardins & Fernald 2009; Webb & Doroshov, 2011; Ribeiro et al., 2023). Dessa forma, a manipulação desses fatores exógenos pode influenciar a síntese e a secreção hormonal que, por sua vez, estimula a exibição do comportamento social em peixes. (Bhat et al., 2025)

Os peixes exibem uma diversidade de comportamentos reprodutivos que compreendem desde a liberação de gametas até padrões mais elaborados, que podem envolver a migração, a defesa territorial, a construção de ninho, a corte e o cuidado parental (Liley & Stacey, 1983). Nas espécies migradoras, por exemplo, o início da reprodução vem desde o encontro e deslocamento de machos e fêmeas para locais distantes, frequentemente para áreas com alimento disponível (Hoar, 1962). Com isso, não exibem cuidado parental, pois despendem muita energia durante as migrações para que sua reprodução tenha êxito (Vazzoler, 1996).

O comportamento agressivo e o reprodutivo afetam os parâmetros hormonais, os níveis de esteroides normalmente são uma consequência do status social específico (dominante ou subordinado) (Maruska et al., 2013). Segundo Tubert et al. (2012) o aumento da agressividade em fêmeas de *Cichlasoma dimerus* antes da desova, ocasionou o aumento dos níveis de estradiol plasmáticos, maximizando os índices gonadossomáticos.

As práticas de reprodução em sistema artificial também demandam energia para os ajustes fisiológicos (Urbinati et al., 2004). Assim, o aumento nos níveis de cortisol, conhecido como hormônio do estresse, é comum durante o período reprodutivo, pois, em *Salmo trutta caspius*, o aumento dos índices

gonadossomaticos acompanhou o aumento do cortisol, tanto em machos quanto em fêmeas (Jamalzadeh et al., 2013).

De acordo com Wendelaar-Bonga (1997), o cortisol atua realocando a disponibilização de energia da reprodução para os ajustes energéticos necessários ao retorno da homeostasia. Além disso, o cortisol pode atuar na pituitária e nas gônadas, diminuindo, respectivamente, a secreção de gonadotropina e de esteroides sexuais (Pickering, 1993; Silveira, 2009). Assim, é provável que quanto maior a liberação de cortisol, menor a liberação dos hormônios sexuais o que, por sua vez, pode afetar diretamente o sucesso reprodutivo dos peixes.

Diante do exposto, o estudo dos fatores externos e hormonais é de suma relevância, pois permite a implementação e/ou a adequação de técnicas de reprodução em sistemas de criação de peixes.

3.4 Sal (NaCl)

O sal é amplamente utilizado como redutor do estresse decorrente de manejo durante a criação, no transporte de peixes e também na redução de cargas parasitárias (Kenter et al., 2019; García-Magaña et al., 2019). Trazendo também como vantagem para o piscicultor, sua baixa toxicidade e o baixo preço de mercado (García-Magaña et al., 2019). Além dessas vantagens, o sal influencia em mudanças nas taxas metabólicas, conversão alimentar e na osmorregulação (Debnath et al., 2017), mostrando-se assim como um produto promissor durante a prática da piscicultura.

No entanto, a mudança da salinidade deve ser acompanhada por testes de toxicidades para cada espécie trabalhada, sendo que valores elevados de salinidade podem acarretar em mudanças negativas na osmorregulação, podendo chegar até a morte (Tavares-Dias, 2022). Espécies como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o tambacu (*Colossoma macropomum* X *Piaractus mesopotamicus*), apresentaram aumento nas concentrações osmo-iônicas, diminuição no conteúdo de água muscular, e

especificamente o tambaqui, aumento na glicemia, durante 1 hora de exposição a 25 ppm (Souza-Bastos et al., 2016).

A utilização de NaCl na água também se mostrou favorável à manutenção do tempo de vida de náuplios de artemia, zooplâncton utilizado na alimentação de larvas de matrinxã (*Brycon amazonicus*). O uso de 2 g/L de sal marinho na água aumentou o tempo de disponibilidade desse microcrustáceo, havendo assim maior ganho de peso e sobrevivência das larvas (Jomori et al., 2013). Em outro experimento com *Brycon amazonicus*, foi observado aumento da locomoção com a mesma quantidade de sal (2 g/L), não evidenciando aumento nos níveis de cortisol até as 60 horas pós-eclosão, o que indica que essa manipulação não atuou como um agente estressor (de Oliveira et al., 2020).

De acordo com Vargas-Chacoff et al. (2015), a salinidade afeta o crescimento e a atividade da Na^+/K^+ -ATPase nas brânquias em juvenis de *Eleginops maclovinus*. Em juvenis de *Brycon amazonicus*, a adição do sal de 2 e 4 g/L diminuiu a atividade da Na^+/K^+ -ATPase nas brânquias, mostrando redução na quantidade de eritrócitos (RBC) em 4 g/L em 13 dias de experimento (de Oliveira, no prelo). De fato, a adição de sal na água já é utilizada em muitas práticas que desencadeiam situações potencialmente estressoras e, consequentemente, a manipulação deste composto reduz o nível de cortisol plasmático em peixes (Kenter et al., 2019), porém pouco se conhece sobre o efeito do NaCl no contexto reprodutivo.

Segundo Amornsakun et al. (2017), a salinidade da água afeta as taxas de fertilização e eclosão em *Channa striatus*. Já a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) tolera variações de salinidade de 0 a 32 g de sal/L durante a reprodução, sendo o intervalo ótimo para a espécie entre 5 a 15 g de sal/L (Watanabe & Kuo, 1985).

Visando a redução do gasto energético para melhorar os parâmetros reprodutivos, o uso do sal na água pode ser uma alternativa durante a reprodução de peixes, diminuindo o gradiente iônico entre o meio interno (hiperósmico) e ao meio externo (hiposmótico) (Márián et al., 1993). Segundo Alavi & Cosson (2006), recomendasse para peixes de água doce salinidades de até 10 g/L, pois a osmolaridade está diretamente relacionada com o plasma seminal e a motilidade

dos espermatozoides. Diante do exposto, a adição de sal na água pode influenciar positivamente a reprodução de espécies reofílicas, pois promove o aumento da osmolaridade no meio externo e, conseqüentemente, pode estimular indicadores de desempenho reprodutivo em peixes.

4. REFERÊNCIAS

- ADKINS-REGAN, E. Hormônios e comportamento social animal. Princeton University Press, 2013.
- AFFONSO, E. G.; BRASIL, E. M.; DE SOUZA, R. Y.; ONO, E. A. Criação de Matrinxã (*Brycon amazonicus*) em canais de igarapé no alto Rio Negro, AM. **Desvendando as fronteiras do conhecimento na região Amazônica do alto Rio Negro**, 85-97, 2012.
- ALAVI, S.M. H.; COSSON, J. Sperm motility in fishes. (II) Effects of ions and osmolality: A review. **Cell Biology International**, 30:1-14, 2006.
- ALJEHANI, F.; N'DOYE, I.; LALEG-KIRATI, T. M. Controle de alimentação e monitoramento da qualidade da água em sistemas de aquicultura: Oportunidades e desafios. arXiv preprint arXiv:2306.09920. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.09920>, 2023.
- ALTINOK, I.; GRIZZLE, J. M. Excretion of ammonia and urea by phylogenetically diverse fish species in low salinities. **Aquaculture**, 238(1-4), 499-507, 2004.
- AMORNSAKUN, T.; VO, V. H.; PETCHSUPA, N.; PAU, T. M.; BIN HASSAN, A. Effectsof water salinity on hatching of egg, growth and survival of larvae and fingerlingsof snake head fish, **Journal of Science and Technology**, 39, 137-142. 2017.
- BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. (2004). Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**, 1, 17-62, 2004.
- BATISTA, V.S.; FREITAS, C.E.C.; INHAMUNS, A.J; FREIRE-BRASIL, D. The Fishing Activity of the River People in the Floodplain of the Central Amazon, 417-432, 2000.
- BERNARDINO, G.; SENHORINI, J. A.; FONTES, N. A.; BOCK, C. L.; MENDONÇA, J. O. J. Propagação artificial do matrinchã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei, Characidae). **Boletim Técnico CEPTA**, 6(2), 1-9, 1993.

- BHAT, I.A.; RATHER, M.A.; AHMAD, I.; AHMAD, I.; MIR, I.N.; HUSSNA. Impact of changing abiotic factors in aquaculture on fish rearing and reproduction: a review. **Blue Biotechnology**, 2(1), 3, 2025.
- BOHATOVÁ, M.; VĚČNÝ, P. Locomotory behaviour of two phylogenetically distant predatory ciliates: does evolutionary history matter?. **Ethology Ecology & Evolution**, 30(3), 195-219, 2018.
- BOND, H.; WINTER, M. J.; WARNE, J. M.; MCCROHAN, C. R.; BALMENT, R. J. Plasma concentrations of arginine vasotocin and urotensin II are reduced following transfer of the euryhaline flounder (*Platichthys flesus*) from seawater to fresh water. **General and Comparative Endocrinology**, 125(1), 113-120, 2002.
- BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. D. C.; CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D. D.; SILVA, A. L. F. D. Densidade de estocagem de matrinxã (*Brycon amazonicus*) na recria em tanque-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40, 299-303, 2005.
- CACHO, M.D.S.R.; CHELLAPPA, S.; YAMAMOTO, M. E. (2006). Reproductive success and female preference in the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). **Neotropical Ichthyology**, 4, 87-91, 2006, <https://doi.org/10.1590/S1679-62252006000100009>
- CARVALHO, T.B.; SOUZA, E.C.M.D.; PINHEIRO-DA-SILVA, J.; VILLACORTA-CORREA, M.A. Effect of body size heterogeneity on the aggressive behavior of larvae of matrinxã, *Brycon amazonicus* (Characiformes, Bryconidae). **Acta Amazonica**, 48(4), 304-310, 2018.
- CAVALLINO, L.; RINCÓN, L.; SCAIA, M. F. (2023). Social behaviors as welfare indicators in teleost fish. **Frontiers in Veterinary Science**, 10, 1050510, 2023.
- CONTE, F.S. (2004). Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, 86(3-4), 205-223, 2004.
- CAMARGO, A.C.S.; URBINATI, E.C. Influence of food restriction on the reproduction and larval performance of matrinxã, *Brycon amazonicus* (Spix

- and Agassiz, 1829). **Brazilian Journal of Biology**, 68, 869-873, 2008, <https://doi.org/10.1590/s1519-69842008000400024>
- DE OLIVEIRA, E.N.; DUNCAN, W.P.; CARVALHO, T.B. (2020). Use of common salt affects aggressiveness in matrinxã larvae (*Brycon amazonicus*). **Aquaculture Research**, 51(9), 3822-3828, 2020.
- DEBNATH, P.; CHOWDHURY, S. K.; ROY, N. C. Effect of dietary slat supplementation on growth and feed utilization of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International J. of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 5, n. 6, p. 275-280, 2017.
- DESJARDINS, J.K.; FERNALD, R.D. Fish sex: why so diverse? Current opinion in neurobiology, 19(6), 648, 2009.
- FERRAZ, F.B.; GOMES, L.C. Social relationship as inducer of immunological and stress responses in matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, 153(3), 293-296, 2009.
- FERRAZ, R.B.; FROUFE, E.; CASTRO, L.F.C; NANDE, M.; COSTA, K.V.; NETO, R.D.J.T.D.; GOMES-DOS-SANTOS, A. Transcriptoma multitecidual de *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829): insights sobre o metabolismo lipídico em um peixe amazônico. **Marine Genomics**, 83, 101220, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.margen.2025.101220>
- FOO, J.T.W.; LAM, T.J. Serum cortisol response to handling stress and the effect of cortisol implantation on testosterone level in the tilapia, *Oreochromis mossambicus*. **Aquaculture**, 115(1-2), 145-158, 1993.
- GARCÍA-MAGAÑA, L.; RODRÍGUEZ-SANTIAGO, M.A.; GRANO-MALDONADO, M.I.; JIMÉNEZ- VASCONCELOS, L.; GUERRA-SANTOS, J. The effectiveness of sodium chloride and formalin in trichodiniasis of farmed freshwater tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in southeastern Mexico. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 47(1), 164-174, 2019.
- GENNOTTE, V.; SAWADOGO, P.; MILLA, S.; KESTEMONT, P.; MÉLARD, C.; ROUGEOT, C. Cortisol is responsible for positive and negative effects in the ovarian maturation induced by the exposure to acute stressors in Nile

- tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, 38(6), 1619-1626, 2012.
- GODOY, M.P. Peixes do Brasil: sub-ordem Characoidei; bacia do rio Mogi Guassu. Editora Franciscana, Piracicaba, São Paulo. 4, 629-847, 1975.
- GOMES, L.C.; URBINATI, E.C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria, 2005, p. 149-174.
- HOAR, W.S. Reproductive behavior of fish. General and Comparative Endocrinology, 1, 206-216, 1962.
- HONG, X.Y.; CHEN, H.T.; WEI, C.Q; CHEN, C., WANG, Y.K.; XIE, M.M; & ZHU, X.P. Behavioral coding and ethogram of domesticated juvenile Asian giant softshell turtles, *Pelochelys cantorii*. **Russ. J. Herpetol**, 30, 184-190. 2023.
- HOSHIBA, M.A. Enriquecimento da alimentação das larvas de matrinxã (*Brycon amazonicus*) com aminoácidos: influência no crescimento inicial e sobrevivência das larvas, 14, 103, 2007.
- HOWES, G.J. Review of the genus Brycon (Teleostei: Characoidei). Bulletin of The Natural History Museum. Zoology Series, 43, 1-47, 1982.
- HUNTINGFORD, F. A; TUNER, A. K. Animal Conflict. Chapman and Hall. 11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (2021). Pesquisa da Pecuária Municipal (2020).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2024). Pesquisa da pecuária municipal (2023). <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>
- IZEL, A.C.U.; MELO, L.A.S. Criar matrinxã (*Brycon cephalus*): atividade econômica potencial para o agronegócio amazonense, 2004.
- JAMALZADEH, H.R.; AKHUNDIAN, M.; KABIR, M.; KHARA, H.; MIRRASULI, E.; HAJIREZAEI, S.; GOLPOUR, A. Changes of gonadosomatic index and plasma levels of cortisol in the male and female

- captive Caspian brown trout, *Salmo Trutta Caspius* (Kessler, 1877) during the reproductive cycle. **Journal of Applied Animal Research**, 41(2), 133-136, 2013.
- JOY, K.P.; CHAUBE, R. Vasotocin—A new player in the control of oocyte maturation and ovulation in fish. **General and Comparative Endocrinology**, 221, 54–63, 2015.
- KENTER, L.W.; GUNN, M.A.; BERLINSKY, D.L. Transport stress mitigation and the effects of preanesthesia on striped bass. **North American Journal of Aquaculture**, 81(1), 67–73, 2019.
- LEMA, S.C.; WASHBURN, E. H.; CROWLEY, M. E.; CARVALHO, P. G.; EGELSTON, J. N.; MCCORMICK, S.D. Evidence for a role of arginine vasotocin receptors in the gill during salinity acclimation by a euryhaline teleost fish. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 316(6), 735–750, 2019.
- LILEY, N. R.; STACEY, N. E. Hormones, pheromones and reproductive behavior. In: HOAR, W. S.; RANDALL, D. J.; DONALDSON, E. M. (eds.). **Fish Physiology**, v. 9B. New York: Academic Press, p. 1–63, 1983.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. Fish Communities in Tropical Freshwaters. New York: Longman, p.337, 1975
- LUO, M. L.; HU, L. J.; SHI, H. T.; LIN, L. Ethogram and PAE coding system of captive Beale's eyed turtle (*Sacalia bealei*). **Sichuan Journal of Zoology**, 43, 209–302, 2023.
- MÁRIÁN, T.; KRASZNAI, Z.; BALKAY, L.; BALAZS, M.; EMRI, M.; BENE, L.; TRON, L. Hypo-osmotic shock induces an osmolality-dependent permeabilization and structural changes in the membrane of carp sperm. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry**, 41(2), 291–297, 1993.
- MARUSKA, K. P.; BECKER, L.; NEBOORI, A.; FERNALD, R. D. Social descent with territory loss causes rapid behavioral, endocrine and transcriptional changes in the brain. **Journal of Experimental Biology**, 216(19), 3656–3666, 2013.

- MENEZES, N. A.; VAZZOLER, A. E. A. D. M. Reproductive characteristics of Characiformes. In: **Reproductive Biology of South American Vertebrates**. New York: Springer, p. 60–70, 1992.
- ONO, E. A. Cultivar peixes na Amazônia: possibilidade ou utopia. **Panorama da Aqüicultura**, 15(90), 41–48, 2005.
- PETILLO, E. C.; FERREIRA, A. D. C.; OLIVEIRA, C. P. F.; BRANDÃO, L. V.; MARINHO-PEREIRA, T.; CAVERO, B. A. S. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) in RAS technology: zootechnical, hematological, biochemical and Kn profiles at different stocking densities during the initial grow-out phase. **Aquaculture Journal**, 5(1), 1, 2025. <https://doi.org/10.3390/aquacj5010001>
- PICKERING, A. D. Growth and stress in fish production. In: **Genetics in Aquaculture**. Amsterdam: Elsevier, p. 51–63, 1993.
- PORTO, M. O.; CAVALI, J.; MEDEIROS, I. D.; SOARES, M. O.; DANTAS FILHO, J. V.; FERREIRA, A. M.; SANTANA, S. R. Artificial aeration promotes better zootechnical performance and physiological balance of tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivated in a system without continuous water flow (Amazon: Brazil). **Research, Society and Development**, 10(1), e32310111759, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11759>
- RIBEIRO, M. W. S.; OLIVEIRA, A. T.; CARVALHO, T. B. Water temperature modulates social behavior of ornamental cichlid (*Pterophyllum scalare*) in an artificial system. **Journal of Applied Aquaculture**, 35(2), 410–422, 2023.
- SALEK, S. J.; SULLIVAN, C. V.; GODWIN, J. Arginine vasotocin effects on courtship behavior in male white perch (*Morone americana*). **Behavioural Brain Research**, 133(2), 177–183, 2002.
- SAMPAIO-NAKAUTH, A. C. S.; SILVA, E. C. C.; NETO, M. T. S.; FREITAS, T. M.; SUITA, S. M.; FERNANDES, V. L. A.; AFFONSO, E. G. Larviculture of *Brycon amazonicus* with live food in a biofloc system and in clearwater. 2025. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7330446/v1>

- SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. Fatores estressantes de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, 6(4), 1001–1017, 2009.
- SOUZA-BASTOS, L. R.; BASTOS, L. P.; CARNEIRO, P. C. F.; FREIRE, C. A. Acute salt exposure of the freshwater Characiformes: pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), and their hybrid “tambacu”. **Aquaculture**, 465, 352–358, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.028>
- SOUZA, F. L.; FERREIRA, M. W. Inclusão de probióticos na piscicultura para o estímulo à resposta imune inata e enriquecimento fisiológico – revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, 8(11), 71766–71775, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-068>
- TAVARES-DIAS, M. Toxicity, physiological, histopathological, handling, growth and antiparasitic effects of sodium chloride (salt) in freshwater fish aquaculture. **Aquaculture Research**, 53(3), 715–734, 2022. <https://doi.org/10.1111/are.15616>
- TUBERT, C.; NOSTRO, F. L.; VILLAFANE, V.; PANDOLFI, M. Aggressive behavior and reproductive physiology in females of the social cichlid fish *Cichlasoma dimerus*. **Physiology & Behavior**, 106(2), 193–200, 2012.
- URBINATI, E. C.; ABREU, J. S.; CAMARGO, A. C. S.; PARRA, M. A. L. Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*) at various densities. **Aquaculture**, 229(1–4), 389–400, 2004.
- VARGAS-CHACOFF, L.; SAAVEDRA, E.; OYARZÚN, R.; MARTÍNEZ-MONTAÑO, E.; PONTIGO, J. P.; YÁÑEZ, A.; BERTRÁN, C. Effects on metabolism, growth, digestive capacity and osmoregulation of juveniles of Sub-Antarctic notothenioid fish *Eleginops maclovinus* acclimated at different salinities. **Fish Physiology and Biochemistry**, 41(6), 1369–1381, 2015.
- VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Eduem, 1996. 169 p.
- VILLACORTA-CORREA, M. A. Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) no baixo Rio Negro, seus afluentes e no baixo Rio Solimões.

1987. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Fundação Universidade do Amazonas, Manaus.

- WARNE, J. M.; BOND, H.; WEYBOURNE, E.; SAHAJPAL, V.; LU, W.; BALMENT, R. J. Altered plasma and pituitary arginine vasotocin and hypothalamic provasotocin expression in flounder (*Platichthys flesus*) following hypertonic challenge and distribution of vasotocin receptors within the kidney. **General and Comparative Endocrinology**, 144(3), 240–247, 2005.
- WATANABE, W. O.; KUO, C. M. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. **Aquaculture**, 49(3–4), 315–323, 1985.
- WEBB, M. A.; DOROSHOV, S. I. Importance of environmental endocrinology in fisheries management and aquaculture of sturgeons. **General and Comparative Endocrinology**, 170(2), 313–321, 2011.
- WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, 77(3), 591–625, 1997.
- WINGFIELD, J. C.; SAPOLSKY, R. M. Reproduction and resistance to stress: when and how. **Journal of Neuroendocrinology**, 15(8), 711–724, 2003.
- WOOTTON, R. J. Energetics of reproduction. In: **Fish Energetics**. Dordrecht: Springer, p. 231–254, 1985.

CAPÍTULO II – Efeito do cloreto de sódio em parâmetros fisiológicos de juvenis de *Brycon amazonicus* (matrinxã)

Os resultados deste capítulo foram publicados na forma de artigo científico sob o seguinte referencial:

OLIVEIRA, E. N.; CARVALHO, T. B.; LOPES, A. C. C.; CASTRO, P. D. S.; DUNCAN, W. P. (2026). Effect of sodium chloride on physiological parameters of juvenile *Brycon amazonicus* (matrinxã). **Brazilian Journal of Biology**, 86, e294976 2026.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo e nota ética.

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (UFAM/FAEXP), localizada no marco rodoviário km 38 da rodovia BR-174. Este estudo foi realizado de acordo com os Princípios Éticos em Experimentação Animal estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e aprovado pela Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, sob aprovação nº 019/2021.

Delineamento experimental

Para a avaliação dos níveis de salinidade foram utilizados 30 juvenis de matrinxã, independente do sexo ($678,28 \pm 53,15$ g e $29,91 \pm 1,13$ cm), que foram isolados em tanques de 300 L, com volume útil de 100 L. Os peixes foram expostos a diferentes concentrações de sal comum (NaCl): 0 g/L, 6 g/L, 10 g/L, 14 g/L e 15 g/L, durante 96 horas, com seis repetições por tratamento.

As réplicas (caixas d'água) foram inteiramente casualizados em condições semi-estáticas, onde 1/4 da água foi renovada diariamente, sendo assegurada a manutenção das concentrações dos sais na água com o uso do refratômetro (RTS 28 - 03159 Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda). As taxas mortalidade foram registradas às 24, 48, 72 e 96 horas após o início do experimento. Após as 96 horas, os peixes foram anestesiados

com 64 µL/L de eugenol (Vidal et al., 2007), para a coleta de amostras sanguíneas, visando observar se a salinidade da água atua como um agente estressor para matrinxã. Os peixes não foram alimentados durante as 96 horas de experimento, sendo que níveis elevados de sal podem interferir na alimentação, fazendo com que algumas concentrações salinas façam os peixes não se alimentarem, causando diferença nos parâmetros analisados. Segundo Santos et al. (2015) o jejum durante 20 dias para *B. amazonicus*, não alterou os níveis de glicose e triglicerídeos.

Parâmetros sanguíneos

Amostras de sangue foram coletadas por punção da veia caudal com o auxílio de seringas de 3 mL heparinizadas. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas e refrigeradas para análises sanguíneas que foram:

- **Contagem de eritrócitos (RBC; $10^6/\mu\text{L}$):** realizada em câmara de Neubauer, com amostras de sangue fixadas em formol-citrato, conforme o método de Collier (1944).
- **Hematócrito (Htc; %):** pelo método do microhematócrito, de acordo com a metodologia proposta por Goldenfarb et al. (1971).
- **Concentração de hemoglobina (Hb; g/dL):** pelo método da cianometahemoglobina e leitura em espectrofotômetro (Kampen e Zijlstra, 1964).

Com a determinação dos parâmetros hematológicos foram calculados os índices hematimétricos (Wintrobe, 1934):

- **Volume Corpuscular Médio: (VCM; μm^3)** = $(\text{Htc} \times 10) / \text{RBC}$
- **Hemoglobina Corpuscular Média: (HCM; pg)** = $\text{Hb} \times 10 / \text{RBC}$
- **Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média: (CHCM; %)** = $(\text{Hb} \times 100) / \text{Htc}$

Para a análise plasmática, as alíquotas de sangue foram centrifugadas a 3000 rpm/15 min para a separação do plasma, sendo realizadas as análises da concentração de glicemia (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), colesterol (mg/dL) e proteínas totais (g/dL) por meio da utilização de kit enzimático-colorimétrico específico (GOD-PAP/ Produto Diagnóstico In Vitro). Para as análises dos íons cloreto (Cl^- ; mEq/L) e cálcio (Ca^{2+} ; mEq/L), as amostras foram diluídas (10 µl da amostra para 1000 µl de reagente de cor)

e utilizado kits colorimétricos específicos (In vitro e Labtest, respectivamente). As concentrações de sódio (Na^+ ; mEq/L) e potássio (K^+ ; mEq/L) no plasma foram analisadas por fotometria de chama. A concentração de cortisol plasmático (ng/mL) foi mensurada pelo método imunoenzimático- ELISA (Cortisol ELISA kit – DRG Diagnóstica), sendo que a variação intra-ensaio foi de 5,62%. Todos os procedimentos foram realizados conforme os protocolos sugeridos pelos fabricantes.

Características físicas e químicas da água

As características físicas e químicas da água, tais como, Oxigênio Dissolvido ($6,94 \pm 0,26$ mg/L), pH ($7,16 \pm 0,24$) e Temperatura ($26,36 \pm 0,47$ °C) foram monitoradas diariamente com o uso do multiparametro AKSO ao longo do experimento e estão dentro dos recomendados para a espécie *Brycon amazonicus* (Gomes & Urbinati, 2010). Conforme esperado, foi observado aumento da condutividade da água (milisiemens/centímetro(mS/cm)) nos diferentes tratamentos (0 g/L: $0,039 \pm 0,01$; 6 g/L: $10,54 \pm 0,14$; 10 g/L: $16,85 \pm 0,26$; 14 g/L: $22,53 \pm 0,50$; 15 g/L: $24,27 \pm 0,11$) em decorrência do aumento da salinidade (ppm) (0 g/L: $0,02 \pm 0,01$; 6 g/L: $6,15 \pm 0,09$; 10 g/L: $10,21 \pm 0,17$; 14 g/L: $14,02 \pm 0,33$; 15 g/L: $15,21 \pm 0,08$), que também foram acompanhadas no decorrer do experimento.

Análise de dados

Os resultados estão apresentados como média $\pm$ erro padrão. Foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e Levene para checar a normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após isso, os dados foram submetidos aos testes estatísticos paramétricos ou não paramétricos dependendo das premissas anteriores. Os parâmetros eritrocitários, o cortisol e os níveis de cloreto e cálcio plasmáticos foram comparados entre os tratamentos experimentais por meio da ANOVA de uma via, seguida de teste Fisher LSD para comparações múltiplas. Para hemoglobina corpuscular média, glicose e sódio foi utilizado Kruskal-Wallis, seguida do teste de Dunn. Foi considerado $\alpha \leq 0,05$ para significância estatística). Todas as análises foram feitas utilizando o software Sigma Plot versão 14.0.

6. RESULTADOS

Não houve mortalidade nos tratamentos 0 g/L (grupo controle) a 14 g/L no decorrer das 96 horas, no entanto, os peixes em 15 g/L sobreviveram por somente 6 horas, o que inviabilizou o uso deste tratamento para as análises.

Não houve diferença significativa para o RBC e o HCM em relação a salinidade. Já a Hb foi menor em 10 e 14 g/L. Foi observado maior porcentagem de Htc em 6 g/L e menor em 0, 10 e 14 g/L (Tabela 1). O Htc e o VCM foram maiores em 6 g/L em relação aos outros tratamentos. Os menores valores de CHCM foram observados em 6, 10 e 14 g/L (Tabela 1).

Tabela 1. Média ($\pm$ desvio padrão) dos parâmetros hematológicos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L).

	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)				p
	0	6	10	14	
RBC (milhões/mm ³)	2,74 $\pm$ 0,52a	2,14 $\pm$ 0,36a	2,38 $\pm$ 0,61a	2,23 $\pm$ 0,68a	0,390
Hb (g/dL)	11,82 $\pm$ 1,14a	11,62 $\pm$ 1,00a	9,99 $\pm$ 0,86b	9,34 $\pm$ 0,37b	<0,001
Htc (%)	32,13 $\pm$ 3,83a	36,82 $\pm$ 1,51b	30,75 $\pm$ 4,94a	27,62 $\pm$ 2,04c	0,002
VCM (μ m ³)	119,80 $\pm$ 19,75a	176,11 $\pm$ 33,77b	138,62 $\pm$ 50,53a	134,46 $\pm$ 41,71a	0,012
HCM (pg)	44,10 $\pm$ 6,62a	55,68 $\pm$ 12,35a	45,36 $\pm$ 15,89a	45,79 $\pm$ 15,23a	0,085
CHCM (%)	36,92 $\pm$ 1,99a	31,52 $\pm$ 1,48b	33,19 $\pm$ 5,88b	33,95 $\pm$ 2,59b	0,004

RBC: contagem de glóbulos vermelhos; Hb: hemoglobina; Htc: hematócrito; VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos, valor de *p* expresso na tabela.

Considerando íons plasmáticos, observou-se maiores níveis em 10 e 14 g/L para o cloreto plasmático; cálcio apresentou maiores valores em todos os tratamentos na presença de sal; sódio mostrou maiores níveis em 10 e 14 g/L, e o potássio só mostrou diferença em 14 g/L em relação a 6 e 10 g/L, porém não se diferiu a 0 g/L (Tabela 2).

Tabela 2. Média ($\pm$ desvio padrão) dos níveis de íons plasmáticos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L).

	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)				p
	0	6	10	14	
Cloreto (mEq/L)	106,07 $\pm$ 4,05a	104,69 $\pm$ 0,99a	116,55 $\pm$ 5,53b	168,41 $\pm$ 13,22c	<0,001
Cálcio (mEq/L)	5,07 $\pm$ 0,35a	5,78 $\pm$ 0,25b	5,91 $\pm$ 0,26b	5,90 $\pm$ 0,35b	<0,001
Sódio (mEq/L)	136,58 $\pm$ 4,75a	141,00 $\pm$ 3,00a	163,25 $\pm$ 10,93b	198,42 $\pm$ 15,61c	<0,001*

Potássio (mEq/L)	4,52 ± 1,21ab	3,38 ± 0,78a	3,44 ± 0,54a	4,69 ± 0,68b	<0,001
-----------------------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos, valor de *p* expressos na tabela.

Não houve diferença significativa para a glicemia entre os tratamentos experimentais. As concentrações de proteína plasmática aumentaram nas concentrações 6 g/L e 10 g/L, se comparadas ao grupo controle (0 g/L). O nível de triglicerídeos foi maior em 14 g/L e os níveis de colesterol foram maiores em 6 g/L e 10 g/L (Tabela 3).

Tabela 3. Média (± desvio padrão) dos parâmetros bioquímicos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L).

	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)				p
	0	6	10	14	
Glicose (mg/dL)	89,76 ± 11,85a	86,65 ± 9,70a	113,96 ± 27,76a	115,27 ± 36,75a	0,060*
Triglicerídeos (mg/dL)	205,23 ± 39,29a	252,41 ± 53,31a	249,86 ± 36,08a	376,40 ± 96,72b	0,001
Colesterol (mg/dL)	170,17 ± 16,06a	263,34 ± 24,12b	295,22 ± 61,67b	191,39 ± 37,78a	<0,001
Proteínas Totais (g/dL)	2,90 ± 0,14ab	3,19 ± 0,19a	3,16 ± 0,21a	2,52 ± 0,38b	0,002

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos, valor de *p* expresso na tabela.

Nos níveis de cortisol plasmático, 14 g/L apresentou maiores valores do que os demais tratamentos testados (Fisher LSD, *p*=0,011) (figura 1).

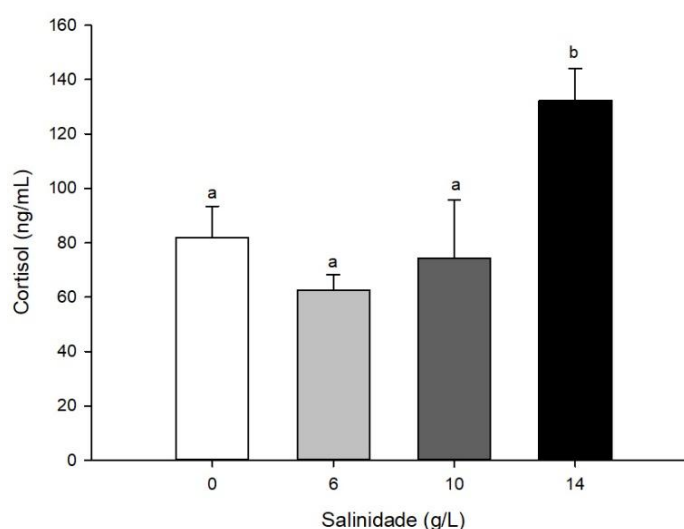


Figura 1: Média (± erro padrão) dos níveis de cortisol plasmáticos para cada tratamento experimental (0, 6, 10 e 14 g sal/L). ANOVA de uma via, letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (Fisher LSD, *p*<0,05).

7. DISCUSSÃO

A hematologia é amplamente utilizada para avaliar o efeito do uso de sal na água em criação de peixes (O’Neal et al., 2006), indicando mudanças no estado fisiológico do animal (Erhunmwunse & Ainerua, 2013). A quantidade de eritrócitos não foi afetada pelo aumento da salinidade, no entanto, em 6 g/L foram observadas maiores porcentagens de Htc e VCM, indicando que os eritrócitos ficaram mais túrgidos neste tratamento experimental. De fato, Al-Hilali & Al-Khshali (2016) sugerem que o aumento da concentração de sal na água estimula a entrada dos íons por difusão nos eritrócitos e, conseqüentemente, entrada de água por osmose para o meio intracelular. Assim, é possível sugerir que em 6 g/L as células ficaram mais túrgidas em decorrência da maior atividade osmorregulatória.

Por outro lado, foi observada desidratação celular no tratamento de maior salinidade, pois em 14 g/L apresentou menores valores no Htc e VCM, sem diferença no RBC, evidenciando células menores. De fato, observou-se maior concentração de Na^+ e Cl^- nas maiores salinidades, demonstrando desequilíbrio iônico, com valores superiores aos encontrados por Urbinati et al. (2004). Desequilíbrio nos íons Na^+ e Cl^- causa distúrbios na regulação respiratória e no equilíbrio ácido-base, prejudicando a captação de oxigênio (Perry & Gilmour, 2006), portanto, a redução na Hb e CHCM apresenta um reflexo desse distúrbio, com redução no aporte de oxigênio.

Nos peixes, os íons são incorporados por diversos órgãos, principalmente pelas brânquias, que apresentam células especializadas, as células cloretos (CCs).

Nas CCs os canais de Na^+ (ENaC) e o trocador Na/H são responsáveis por absorver o Na^+ da água e a Na/K -ATPase é responsável por transferir o Na^+ para o plasma (Reid et al., 2003; Lin e Randall, 1991; Hirata et al., 2003), assim como o trocador $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ absorve o Cl^- da água, transportando para o plasma (Perry, 1997). Os valores basais de Cl^- e Na^+ em 0 g/L, foram próximos aos encontrados por Urbinati et al. (2004) e Ferreira et al. (2010), respectivamente. Em 6 g/L foi observado maior valor do VCM, porém, 10 e 14 g/L apresentaram maiores concentrações de cloreto plasmático, acompanhado pelo maior valor de sódio em 14 g/L, explicando a redução do VCM.

Segundo Hwang et al. (2011), o potássio (K^+) entra na célula via canais de K presente na membrana basolateral, e sai pela troca do Na^+ pela atividade da NKA. Da mesma forma a NKA ajuda a reciclar o K^+ criando um gradiente elétrico, conduzindo o mesmo pelo canal de K^+ , criando assim um ciclo. No entanto, em *B. amazonicus* o

aumento da salinidade causa redução nas CCs (De Oliveira, 2019), células que ficam localizadas as NKA, diminuindo assim a saída do K^+ , mantendo a quantidade de K^+ no plasma, resultado visível em 14 g/L, que retornou a valores semelhantes em 0 g/L. E por fim, o Ca^{2+} é absorvido pelo canal de cálcio (ECaC) na membrana apical, e a Ca^{2+} -ATPase pela membrana basolateral, o que refletiu no maior valor de Ca^{2+} em 14 g/L (Hwang et al., 2011).

O aumento da salinidade em todos os tratamentos durante 96 horas não mostrou diferença significativa na concentração de glicose plasmática. De acordo com Urbinati e Carneiro (2006), a glicemia também não é alterada para *B. amazonicus* mantidos em ambiente com 6 g/L durante o transporte. Situações estressoras, como o manuseio e o transporte, faz com que o peixe perca íons para o meio, necessitando de mais energia para repor a quantidade perdida, o que reflete na necessidade de substrato energético, no caso a glicose, para repor estes íons, logo o aumento da salinidade da água, faz com que haja ganho de íons por difusão, reduzindo o gasto energético (Wendelaar-Bonga, 1997).

As maiores concentrações de triglicerídeo plasmático observadas em 14 g/L podem também serem decorrentes do aumento das catecolaminas e cortisol plasmático, onde, por meio da ativação da lipase tem-se uma facilitação da utilização dos triglicerídeos, ocorrendo assim um aumento nos ácidos graxos livres, podendo este ser usado como uma fonte de energia (Vijayan et al., 1997). Da mesma forma, o colesterol é utilizado na síntese de hormônios esteroides, e as proteínas tem o papel de carreadoras destes hormônios, tais como o cortisol (Mattioli et al., 2017), podendo ser observado em 14 g/L, com menores valores tanto de colesterol como de proteínas, acompanhado do aumento do cortisol.

A salinização da água se mostrou estressante para a espécie estudada, principalmente em 14 g/L, pois o nível de cortisol foi maior nessa concentração. Concentrações elevadas de Na^+ e Cl^- na água facilitam a infusão destes íons no plasma, causando desequilíbrio osmorregulatório, quebrando a homeostasia, causando estresse, explicando o aumento do nível de cortisol (Wendelaar-Bonga, 1997; Tavares- Dias & Mariano, 2015). Níveis adequados de salinidade, corrobora com a redução do estresse pela diminuição do gradiente osmótico entre o animal e o meio em que vive, reduzindo assim o gasto energético com a osmorregulação, influenciando diretamente no metabolismo (Tian et al., 2020).

Para a matrinxã (*Brycon amazonicus*), o tratamento de 15 g/L ocasionou mortalidade de todos os animais em menos de 6 horas de experimento. Já os tratamentos

0, 6, 10 e 14 g/L não apresentaram mortalidade durante as 96 horas de experimento. Assim, sugere-se que o limite de resistência de concentração salina para juvenis da espécie pode ser determinado entre as salinidades de 14,36 g/L (valor acima da média $\pm$ desvio padrão do tratamento de 14 g/L) e 15,13 g/L (valor abaixo da média $\pm$ desvio padrão do tratamento de 15 g/L).

Este estudo evidencia que a salinidade maior que 15,13 g/L causa mortalidade em juvenis de matrinxã e, portanto, representa o limite superior de resistência para os animais mantidos nas condições experimentais descritas. Segundo Mattioli et al. (2017), o estresse agudo em *Lophiosilurus alexandri* durante 96 horas causou a redução dos níveis de Htc, indicando hemoconcentração devido a distúrbios osmorregulatórios, possivelmente a principal causa da mortalidade em 15 g/L, em decorrência do menor valor de Htc observado em 14 g/L, que estão abaixo do encontrado por Ferreira et al. (2010).

De modo geral, os resultados deste estudo indicam que o sal afetou o mecanismo osmorregulatório dos eritrócitos quando os peixes foram expostos a maior salinidade, atuando como uma situação potencialmente estressora.

8. CONCLUSÃO

Assim a concentração de 6 g/L não alterou os índices eritrocitários, metabólicos e iônicos acima do esperado para a espécie e não demonstrou aumento nos níveis de cortisol, podendo ser utilizada durante a engorda de *B. amazonicus*. Além disso, níveis de salinidade superiores a 14 g/L causam a mortalidade de juvenis de *B. amazonicus*.

9. REFERÊNCIAS

- AL-HILALI, H. A.; AL-KHSHALI, M. S. Effect of water salinity on some blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). **International Journal of Applied Agricultural Sciences**, 2(1), 17–20, 2016.
- COLLIER, H. B. Standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, 50(6), 550, 1944.
- DE OLIVEIRA, E. N. Efeito do uso de sal comum em indicadores fisiológicos de estresse social na matrinxã, *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829). 2019. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Nilton Lins, Manaus. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1yPg5nf5Pgo4Dgbwow-tA-Tx6eQqNSCTr/view>
- ERHUNMWUNSE, N.; AINERUA, M. Characterization of some blood parameters of African catfish (*Clarias gariepinus*). **American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences**, 5(3), 72–76, 2013.
- FERREIRA, M. S.; OLIVEIRA, A. M. D.; VAL, A. L. Velocidade crítica de natação (Ucrit) de matrinxã (*Brycon amazonicus*) após exposição à hipoxia. *Acta Amazonica*, 40, 699–704, 2010.
- GOLDENFARB, P. B.; BOWYER, F. P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, 56(1), 35–39, 1971.
- GOMES, L. C.; URBINATI, E. C. Matrinxã (*Brycon amazonicus*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (org.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM, p. 149–174, 2010.
- HIRATA, T.; KANEKO, T.; ONO, T.; NAKAZATO, T.; FURUKAWA, N.; HASEGAWA, S.; HIROSE, S. Mechanism of acid adaptation of a fish living in a pH 3.5 lake. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 284(5), R1199–R1212, 2003.

- HWANG, P. P.; LEE, T. H.; LIN, L. Y. Ion regulation in fish gills: recent progress in the cellular and molecular mechanisms. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 301(1), R28–R47, 2011.
- KAMPEN, E. J.; ZIJLSTRA, W. G. Erythrocytometric methods and their standardization. **Clinica Chimica Acta**, 6, 538–542, 1964.
- LIN, H.; RANDALL, D. Evidence for the presence of an electrogenic proton pump on the trout gill epithelium. **Journal of Experimental Biology**, 161(1), 119–134, 1991.
- MATTIOLI, C. C.; TAKATA, R.; LEME, F. D. O. P.; COSTA, D. C.; MELILLO FILHO, R.; SILVA, W. D. S.; LUZ, R. K. The effects of acute and chronic exposure to water salinity on juveniles of the carnivorous freshwater catfish *Lophiosilurus alexandri*. **Aquaculture**, 481, 255–266, 2017.
- O’NEAL, C. C.; HAWKE, J. P.; WEIRICH, C. R. Evaluation of low levels of salinity on hematological parameters and health status of channel catfish reared in multiple-crop ponds. **Journal of Aquatic Animal Health**, 18(1), 1–10, 2006.
- PERRY, S. F.; GILMOUR, K. M. Acid–base balance and CO₂ excretion in fish: unanswered questions and emerging models. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, 154(1–2), 199–215, 2006.
- REID, S. D.; HAWKINGS, G. S.; GALVEZ, F.; GOSS, G. G. Localization and characterization of phenamil-sensitive Na⁺ influx in isolated rainbow trout gill epithelial cells. **Journal of Experimental Biology**, 206(3), 551–559, 2003.
- SANTOS, M. S. D.; VILLACORTA-CORREA, M. A.; OLIVEIRA, C. P. F. D.; CASTRO-PÉREZ, C. A.; SAMPAIO, L. A. Crescimento compensatório de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*) submetidos a jejum e realimentação. **Revista Igapó – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, 9(1), 43–58, 2015.

- TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. D. S. Aquicultura no Brasil: novas perspectivas – aspectos biológicos, fisiológicos e sanitários de organismos aquáticos. 2015.
- TIAN, L.; TAN, P.; YANG, L.; ZHU, W.; XU, D. Effects of salinity on the growth, plasma ion concentrations, osmoregulation, non-specific immunity, and intestinal microbiota of the yellow drum (*Nibea albiflora*). **Aquaculture**, 528, 735470, 2020.
- URBINATI, E. C.; ABREU, J. S.; CAMARGO, A. C. S.; PARRA, M. A. L. Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*) at various densities. **Aquaculture**, 229(1–4), 389–400, 2004.
- URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Cloreto de sódio adicionado à água de transporte e respostas fisiológicas de matrinxã *Brycon amazonicus* (Teleostei: Characidae). **Acta Amazonica**, 36, 569–572, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000400020>
- VIDAL, L. V. O.; FURUYA, W. M. M.; GRACIANO, T. S.; SCHAMBER, C. R.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D.; SOUZA, S. R. Eugenol como anestésico para juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 8(4), 2007.
- VIJAYAN, M. M.; PEREIRA, C.; GRAU, E. G.; IWAMA, G. K. Metabolic responses associated with confinement stress in tilapia: the role of cortisol. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology**, 116(1), 89–95, 1997.
- WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, 77(3), 591–625, 1997.
- WINTROBE, M. M. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, 51, 32–49, 1934.

CAPÍTULO III – O efeito do uso do sal durante a reprodução, nas interações sociais e na redução do estresse em adultos de matrinxã.

10. MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo e nota ética

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (UFAM/FAEXP), localizada no marco rodoviário km 38 da rodovia BR-174. Este estudo foi realizado de acordo com os Princípios Éticos em Experimentação Animal estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e aprovado pela Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, sob aprovação nº 019/2021.

Delineamento experimental

Entre os meses de setembro e fevereiro de 2020, 200 matrizes foram mantidas em quatro viveiros, em uma densidade de 1 peixe/10m², totalizando 50 matrizes por viveiro (1:1 macho e fêmea), com 2 anos de idade e peso de 2216,55 ± 481,33 g, aproximadamente. Esses animais foram alimentados diariamente com ração de 40% de proteína bruta, sendo 1% da biomassa de fevereiro a abril, para manutenção e recuperação do período pós desova e 3% da biomassa de maio a janeiro, visando a melhoria na qualidade da desova (Izquierdo et al., 2001; Honczaryk & Inoue, 2009).

Durante todo o período reprodutivo, foram observadas as características sexuais secundárias dos animais, sendo selecionadas as fêmeas que apresentarem ventre abaulado e papila genital saliente e os machos por meio de liberação seminal após leve pressão abdominal (Romagosa et al., 2001). Sendo identificados animais aptos para a reprodução, estes eram encaminhados ao laboratório de reprodução.

Logo foram medidos e pesados, e encaminhados para duas caixas de 2000 L, com quatro animais cada (2 machos e 2 fêmeas), a primeira caixa com 0 g/L- sem adição de sal na água e a segunda com 2 g/L- com adição de sal na água. Cada reprodução foi considerada como réplica, totalizando sete réplicas.

A concentração de 2 g/L foi escolhida com base no resultado do experimento que deu origem ao capítulo 2, onde averiguamos que até 6 g/L de sal durante 96 horas não alterava a fisiologia dos juvenis de matrinxã, sendo assim foi utilizado aproximadamente 30% do valor encontrado, onde 2 g/L já é uma concentração já testada para a espécie, durante transporte e manutenção (Urbinati & Carneiro, 2006), agora com o foco de melhoria durante a reprodução.

O procedimento de reprodução induzida consistiu na injeção de extrato bruto de hipófise de carpa nas fêmeas (6,5 mg/kg de peixe), dividido em duas doses, sendo a primeira dose 0,5 mg/kg, seguida da segunda dose de 6 mg/kg, aplicada após 6 horas da primeira dose. Os machos receberam uma dose, sendo de 1mg/kg no momento da última dose das fêmeas (adaptado de Romagosa et al., 2001).

Parâmetros fisiológicos

Os peixes foram anestesiados com 64 µL/L de eugenol (Vidal et al., 2007) e, em seguida, as amostras de sangue foram coletadas por punção da veia caudal utilizando seringas de 3 mL heparinizadas. As coletas de sangue foram realizadas logo após a extrusão e 12 horas após a extrusão dos animais. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas e refrigeradas para análises hematológicas, glicose e cortisol plasmático. As análises eritrocitárias realizadas foram:

contagem de eritrócitos (RBC; $10^6/\mu\text{L}$): realizada em câmara de Neubauer em amostras de sangue fixadas em formol-citrato, conforme o método de Collier (1994).

hematócrito (Htc; %): pelo método do microhematócrito, de acordo com a metodologia proposta por Goldenfarb et al. (1971).

taxa de hemoglobina (Hb; g/dL): pelo método da cianometahemoglobina e leitura em espectrofotômetro (Kampen e Zijlstra, 1964).

Com a determinação dos parâmetros eritrocitários, foram calculados os índices hematimétricos (Wintrobe 1934):

Volume Corpuscular Médio: VCM (μm^3) = $(\text{Htc} \times 10) / \text{RBC}$

Hemoglobina Corpuscular Média: HCM (pg) = $\text{Hb} \times 10 / \text{RBC}$

Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média: $CHCM (\%) = (Hb \times 100) / Htc$

Para a análise plasmática, as alíquotas de sangue foram centrifugadas a 3000 rpm/15 min para a separação do plasma, sendo realizadas as análises da concentração de glicemia (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), colesterol (mg/dL) e proteínas totais (g/dL) por meio da utilização de kit enzimático-colorimétrico específico (GOD-PAP/ Produto Diagnóstico In Vitro). Para a análise do íon de cálcio (Ca^{2+} ; mEq/L), as amostras foram diluídas (10 µl da amostra para 1000 µl de reagente de cor) e utilizado kit colorimétrico específico (Labtest). As concentrações de sódio (Na^{+} ; mEq/L) e potássio (K^{+} ; mEq/L) no plasma foram analisadas por fotometria de chama. A concentração de cortisol plasmático (ng/mL) foi mensurada pelo método imunoenzimático- ELISA (Cortisol ELISA kit – DRG Diagnóstica) (Velasco-Santamaría, & Cruz-Casallas, 2007), as leituras foram realizadas no leitor de microplacas Multiskan, Termo Fisher Scientific, USA).

Comportamento reprodutivo

Com os animais aptos para a reprodução (características descritas acima) foram submetidos a indução hormonal tendo o comportamento social registrado durante 11 horas, tempo médio do processo de reprodução induzida (ajustado de Romagosa et al., 2001). Para isso, foi realizada uma filmagem iniciada imediatamente após inclusão dos animais nas caixas d'água de 2000 L, com o auxílio de câmeras sub-aquáticas. Durante a noite foram utilizadas lâmpadas vermelhas para o registro das filmagens, chegando a 4 lux a luminosidade, sendo esta não detectada pelos peixes (Matsuo et al., 2021).

Os peixes foram mantidos nas mesmas condições descritas para cada tratamento experimental: Controle- 0 gramas de sal/litro e Teste- 2 gramas de sal/litro. Os níveis de salinidade foram avaliados após a extrusão e 12 horas pós extrusão.

A elaboração do etograma da interação social de matrinxã, foi adaptada com base no estudo de Malavasi et al. (2010) para a espécie *Aphanius fasciatus* sendo utilizada as seguintes unidades comportamentais: ameaça, aproximação, briga, circulação, ataque, empurrão e perseguição. Estas unidades comportamentais foram observadas durante as duas primeiras reproduções, no tratamento de 0 e 2 g/L, sendo observadas a partir das filmagens.

De posse do etograma das unidades comportamentais, foi quantificado o comportamento de ambas as concentrações (0 e 2 g/L) por observação das filmagens. De cada filmagem foi observada 10 minutos a cada hora, totalizando 110 minutos por filmagem, estas observações eram divididas entre: interações das fêmeas para os machos; fêmeas para as fêmeas; dos machos para as fêmeas; machos para os machos. Além disso, foi avaliado a latência e a frequência das unidades comportamentais para cada indivíduo, sendo a latência o tempo necessário para ocorrer a primeira interação comportamental e a frequência, a quantidade de interação quantificada no decorrer do tempo observado. (Ribeiro et al., 2023). Também será considerado o total de interações que corresponde a soma das unidades comportamentais.

Fertilização e eclosão

Para a análise do sucesso de acasalamento, foram consideradas 8 horas após a extrusão para a taxa de fertilização e mais 4 horas para a taxa de eclosão. A quantificação foi feita por meio de três alíquotas de cada incubadora referente a cada tratamento experimental, sendo calculadas pelas fórmulas descritas abaixo (Galo, 2009).

Taxa de Fertilização:

$$F = (\text{Ovos bons} / \text{Ovos bons} + \text{Ovos gorados}) * 100\%$$

Obs. ovos bons: aqueles que apresentam núcleo bem definido e são bem transparentes; ovos gorados, os oócitos que não foram fertilizados ou ovos que apresentam núcleos deformados e esbranquiçados.

Taxa de Eclosão:

$$E = (\text{Ovos viáveis} / \text{Ovos viáveis} + \text{Ovos mortos}) * 100\%$$

Obs. ovos viáveis: apresentam a cauda formada e as vezes com movimentação; ovos mortos: não foi observado desenvolvimento embrionário.

Características físicas e químicas da água

As características físicas e químicas da água foram monitoradas diariamente, duas vezes ao dia ao longo das reproduções e estão dentro dos recomendados para a espécie *Brycon amazonicus* (Gomes & Urbinati, 2010). O tratamento de 0 g/L apresentou os seguintes valores (pH: $6,90 \pm 0,08$; temperatura: $28,24 \pm 0,50$ °C; oxigênio dissolvido: $6,48 \pm 0,49$ mg/L; Condutividade: $35,62 \pm 8,04$ μ S/cm; Salinidade: $0,02 \pm 0,004$ ppm; Amônia tóxica: $0,007 \pm 0,008$ ppm), o tratamento de 2 g/L apresentou os seguintes valores (pH: $6,93 \pm 0,10$; temperatura: $28,8 \pm 0,48$ °C; oxigênio dissolvido: $6,17 \pm 0,69$ mg/L; Condutividade: $3,66 \pm 0,02$ mS/cm; Salinidade: $1,98 \pm 0,01$ ppm; Amônia tóxica: $0,008 \pm 0,007$ ppm). Somente foi observada diferença estatística na salinidade (Mann-Whitney; T= 28,000; p= <0,001) e na condutividade (Mann-Whitney; T= 28,000; p= <0,001), por conta do aumento da salinidade, que é o foco do estudo.

Análise de dados

Os resultados foram representados pela média $\pm$ erro padrão. Sendo utilizados os testes de Levene e de Shapiro-Wilk para a análise da normalidade dos dados, sendo aplicados testes paramétricos ou não paramétricos. Será considerado $\alpha \leq 0,05$ para significância estatística e todas as análises citadas são baseadas em Zar (1999).

De acordo com a distribuição e variância dos dados, os parâmetros bioquímicos, índices eritrocitários, cortisol e os níveis iônicos foram comparados entre os tratamentos experimentais e o tempo por Anova de duas vias, seguida pelo teste de Tukey para as comparações múltiplas. Quando os dados não eram paramétricos não foi possível utilizar a Anova de duas vias, as análises foram feitas separadamente, foi utilizado o Test T para os tratamentos experimentais (0 e 2g/L) e também no decorrer do tempo (Pós extrusão e 12 horas pós extrusão), persistindo os dados não paramétricos foram utilizados Mann-Whitney para os tratamentos experimentais (0 e 2g/L) e Wilcoxon no decorrer do tempo (Pós extrusão e 12 horas pós extrusão). Já o comportamento reprodutivo, a latência e as taxas de fertilização e eclosão foram comparadas entre os tratamentos experimentais (0 e 2 g/L) pelo Teste t, os dados não paramétricos foram testados com Mann-Whitney.

11. RESULTADOS

Analisando as fêmeas, não houve diferença significativa entre os tratamentos experimentais para proteínas (Two Way; $F=3,622$; $p=0,064$), glicose (Test t; $t=-1,700$; $p=0,105$) e colesterol (Two Way; $F=0,277$; $p=0,601$) para a coleta após a extrusão. Já o triglicerídeo plasmático foi menor em 2 g/L no mesmo período de coleta (Tukey; $q=3,396$; $p=0,021$). Às 12 horas pós extrusão, não houve diferença significativa em nenhum parâmetro em relação à salinidade. Além disso, todos os parâmetros mostraram redução no decorrer do tempo de 12 horas, independente da salinidade testada: proteína 0 g/L (Tukey; $q=7,635$; $p=0,001$); proteína 2 g/L (Tukey; $q=7,973$; $p=0,001$); triglicerídeos 0 g/L (Tukey; $q=8,427$; $p=0,001$); triglicerídeos 2 g/L (Tukey; $q=4,856$; $p=0,002$); glicose 0 g/L (test t; $t=7,543$; $p=0,001$); glicose 2 g/L (test t; $t=5,070$; $p=0,001$); colesterol 0 g/L (Tukey; $q=12,184$; $p=0,001$); colesterol 2 g/L (Tukey; $q=16,119$; $p=0,001$) (Tabela 4).

Tabela 4. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros bioquímicos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmeas de *B. amazonicus*.

	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	0	2	0	2
Proteínas (g/dL)	5,34 $\pm$ 0,09 aA	5,14 $\pm$ 0,08 aA	4,57 $\pm$ 0,11 aB	4,41 $\pm$ 0,08 aB
Triglicerídeos (mg/dL)	494,00 $\pm$ 37,79 aA	395,81 $\pm$ 32,91 bA	239,48 $\pm$ 25,63 aB	261,93 $\pm$ 16,09 aB
Glicose (mg/dL)	229,31 $\pm$ 15,91 aA	185,49 $\pm$ 19,39 aA	101,95 $\pm$ 3,19 aB	88,79 $\pm$ 5,17 aB
Colesterol (mg/dL)	464,78 $\pm$ 12,94 aA	492,76 $\pm$ 13,96 aA	272,14 $\pm$ 20,21 aB	260,11 $\pm$ 13,02 aB

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós extrusão e 12 horas pós extrusão). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Já os machos apresentaram menores valores nos níveis de proteínas em 2g/L (test t; $t=-2,403$; $p=0,024$) e glicose em 2 g/L (Tukey; $q=5,940$; $p=0,001$) após a extrusão e 12 horas pós extrusão (proteína em 2g/L (Mann-Whitney; $T=158,500$; $p=0,041$); glicose em 2 g/L (Tukey; $q=4,366$; $p=0,003$). Na salinidade de 0 g/L, houve redução do colesterol após a extrusão e 12 horas pós extrusão (Tukey; $q=8,449$; $p=0,001$). Além disso, a salinidade de 2 g/L apresentou redução significativa nos níveis de triglicerídeos (test t; $t=2,799$; $p=0,015$) e colesterol (Tukey; $q=11,284$; $p=0,001$) entre os períodos de

coleta. Não houve diferença significativa na proteína no decorrer do tempo, independente da salinidade (0 g/L (test t; $t = -0,646$; $p = 0,529$); 2 g/L (test t; $t = 0,656$; $p = 0,523$), assim como a glicose (Two Way; $F = 3,750$; $p = 0,058$). Após a extrusão o triglicerídeo (Mann-Whitney; $T = 183,000$; $p = 0,358$) e o colesterol (Tukey; $q = 0,481$; $p = 0,735$) não apresentaram diferença entre os tratamentos experimentais, e também não apresentaram diferença 12 horas pós extrusão (triglicerídeos (test t; $t = -1,488$; $p = 0,149$); colesterol (Tukey; $q = 2,353$; $p = 0,102$)) (Tabela 5).

Tabela 5. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros bioquímicos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de *B. amazonicus*.

	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)			
	0	2	0	2
Proteínas (g/dL)	4,55 ± 0,06 aA	4,32 ± 0,07 bA	4,64 ± 0,12 aA	4,26 ± 0,07 bA
Triglicerídeos (mg/dL)	300,46 ± 26,78 aA	268,42 ± 13,24 aA	266,98 ± 16,96 aA	230,91 ± 17,32 aB
Glicose (mg/dL)	137,09 ± 6,44 aA	96,25 ± 5,72 bA	144,99 ± 8,92 aA	114,98 ± 5,92 bA
Colesterol (mg/dL)	366,19 ± 9,54 aA	372,28 ± 14,76 aA	259,25 ± 14,04 aB	229,46 ± 11,58 aB

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós extrusão e 12 horas pós extrusão). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Nos íons plasmáticos, as fêmeas apresentaram maiores valores nos níveis de sódio após a extrusão (Tukey; $q = 3,938$; $p = 0,008$) e 12 horas pós extrusão (Tukey; $q = 6,514$; $p = 0,001$) na salinidade de 2 g/L e menores valores de potássio as 12 horas pós extrusão na salinidade de 2g/L (Mann-Whitney; $T = 168,000$; $p = 0,001$). No decorrer do tempo, após a extrusão e 12 horas pós extrusão os níveis de cálcio reduziram em ambas as salinidades (Two way; $F = 145,743$; $p = 0,001$), já o potássio aumentou no decorrer do tempo na salinidade de 0g/L (test t; $t = -3,091$; $p = 0,013$). O cálcio não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Two way; $F = 0,221$; $p = 0,641$), independente do tempo. O sódio também não apresentou diferença no decorrer do tempo independente da salinidade (Two way; $F = 1,913$; $p = 0,174$), e o potássio não apresentou diferença entre os tratamentos após a extrusão (test t; $t = -1,178$; $p = 0,292$), e no decorrer do tempo na concentração de 2 g/L (test t; $t = 0,683$; $p = 0,506$) (Tabela 6).

Tabela 6. Média ($\pm$ erro padrão) dos níveis de íons plasmáticos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmeas de *B. amazonicus*.

0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em rêmicas de <i>D. amazonensis</i> .				
	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)			
	0	2	0	2
Cálcio (mg/dL)	12,32 ± 0,21 aA	12,34 ± 0,15 aA	10,06 ± 0,19 aB	10,20 ± 0,16 aB
Sódio (mEq)	110,40 ± 2,71 aA	117,29 ± 1,31bA	105,72 ± 1,66 aA	117,12 ± 1,21 bA
Potássio (mEq)	4,87 ± 0,50 aA	4,27 ± 0,20 aA	6,60 ± 0,50 aB	4,23 ± 0,16 bA

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós extrusão e 12 horas pós extrusão). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Nos machos, a salinidade de 2 g/L apresentou menores valores tanto no cálcio (Tukey; $q = 3,421$; $p = 0,019$) quanto no potássio (test t; $t = -3,458$; $p = 0,002$) após a extrusão. Às 12 horas pós extrusão os níveis de sódio foram maiores em 2 g/L (Tukey; $q = 6,943$; $p = 0,001$) e os níveis de potássio foram menores (Mann-Whitney; $T = 152,500$; $p = 0,020$). No decorrer do tempo, após a extrusão e as 12 horas pós extrusão, os níveis de cálcio reduziram em ambas as salinidades (Two way; $F = 80,669$; $p = 0,001$), e os níveis de sódio aumentaram no decorrer do tempo na salinidade de 2 g/L (Tukey; $q = 6,437$; $p = 0,001$). Já o cálcio não apresentou diferença as 12 horas pós extrusão (Tukey; $q = 2,018$; $p = 0,160$), o sódio não apresentou diferença após a extrusão nos tratamentos experimentais (Tukey; $q = 2,754$; $p = 0,057$) e também não apresentou diferença no decorrer do tempo na salinidade de 0 g/L (Tukey; $q = 2,248$; $p = 0,118$). O potássio também não apresentou diferença no decorrer do tempo em ambas as salinidades (0 g/L (test t; $t = 1,553$; $p = 0,144$); 2 g/L (test t; $t = 0,683$; $p = 0,506$) (tabela 7).

Tabela 7. Média ($\pm$ erro padrão) dos níveis de íons plasmáticos para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de *B. amazonicus*.

0,02 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de <i>D. amazonicus</i> .				
	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)			
	0	2	0	2
Cálcio (mg/dL)	10,82 ± 0,10 aA	10,44 ± 0,11 bA	9,51 ± 0,08 aB	9,73 ± 0,13 aB
Sódio (mEq)	118,48 ± 1,32 aA	123,14 ± 1,14 aA	122,28 ± 1,87 aA	134,03 ± 2,20 bB
Potássio (mEq)	5,54 ± 0,31 aA	4,29 ± 0,17 bA	5,01 ± 0,33 aA	4,13 ± 0,12 bA

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Nos parâmetros eritrocitários, as fêmeas apresentaram maiores valores tanto na hemoglobina (Hb) (Tukey; $q = 3,740$; $p = 0,012$) quanto na quantidade de eritrócitos (RBC) (test t; $t = 3,747$; $p = 0,003$) na salinidade de 2 g/L após a extrusão. Logo, no decorrer do tempo, houve aumento nos níveis de Hb (Tukey; $q = 3,375$; $p = 0,022$) na salinidade de 0g/L. Não houve diferença significativa na Hb no decorrer do tempo na salinidade de 2 g/L (Tukey; $q = 0,315$; $p = 0,825$), também não houve diferença no RBC as 12 horas pós extrusão (testt; $t = -0,318$; $p = 0,747$) e no decorrer do tempo, independente da salinidade (0g/L (test t; $t = -1,101$; $p = 0,300$); 2 g/L (test t; $t = 1,603$; $p = 0,137$). O hematócrito não apresentou diferença entre os tratamentos testados (Two way; $F = 1,493$; $p = 0,229$) e no decorrer do tempo (Two way; $F = 2,960$; $p = 0,093$), assim como o volume corpuscular médio (VCM) (concentrações testadas (Two way; $F = 0,676$; $p = 0,416$); tempo (Two way; $F = 0,168$; $p = 0,684$)), a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) (entre os tratamentos experimentais na pós extrusão (test t; $t = 1,905$; $p = 0,070$); 12 horas pós extrusão (Mann-Whitney; $T = 97,000$; $p = 0,235$) e no decorrer do tempo (0 g/L(test t; $t = -0,824$; $p = 0,431$); 2 g/L(test t; $t = -0,036$; $p = 0,972$)) e na hemoglobina corpuscular média (HCM) (concentrações testas (Two way; $F = 0,371$; $p = 0,546$); e no decorrer do tempo (Two-way; $F = 0,266$; $p = 0,609$) (Tabela 8).

Tabela 8. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros eritrocitários para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmea de *B. amazonicus*.

	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)			
	0	2	0	2
Hb (g/dL)	10,29 ± 0,34 aA	11,77 ± 0,30 bA	11,68 ± 0,41 aB	11,88 ± 0,47 aA
RBC (milhões/mm³)	2,19 ± 0,07 aA	2,50 ± 0,03 bA	2,34 ± 0,09 aA	2,29 ± 0,11 aA
Htc (%)	34,09 ± 1,17 aA	37,00 ± 0,89 aA	37,61 ± 1,43 aA	37,66 ± 1,31 aA
VCM (µm³)	170,34 ± 7,90 aA	153,64 ± 3,59 aA	156,21 ± 7,30 aA	162,66 ± 6,03 aA
CHCM (%)	29,69 ± 0,52 aA	31,08 ± 0,50 aA	30,36 ± 0,91 aA	31,10 ± 0,73 aA
HCM (pg)	50,76 ± 2,05 aA	46,12 ± 1,06 aA	47,97 ± 1,55 aA	50,60 ± 1,81 aA

RBC: contagem de glóbulos vermelhos; Hb: hemoglobina; Htc: hematócrito; VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós

extrusão e 12 horas pós extrusão). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Já nos machos, foi maior o RBC após a extrusão (Tukey; $q = 2,900$; $p = 0,045$) na salinidade de 2 g/L. E 12 horas pós extrusão tanto a Hb (test t; $t = 259,000$; $p = 0,010$), quanto o CHCM (test t; $t = 289,000$; $p < 0,001$) foram maiores em 2 g/L, além disso o CHCM aumentou no decorrer do tempo em 2 g/L (Wilcoxon; $W = 73,000$; $p = 0,020$). No decorrer do tempo houve aumento no RBC (Tukey; $q = 3,629$; $p = 0,013$) em 0 g/L, e redução no VCM (Two way; $F = 14,981$; $p < 0,001$ em ambas as salinidades e no HCM (Tukey; $q = 3,820$; $p = 0,009$ em 0 g/L. Já a Hb não apresentou diferença entre as concentrações testadas pós extrusão (test t; $t = 1,965$; $p = 0,064$) e no decorrer do tempo em ambas as salinidades (0 g/L (test t; $t = 0,724$; $p = 0,482$); 2 g/L (Wilcoxon; $W = 5,000$; $p = 0,903$)), o RBC não apresentou diferença 12 horas pós extrusão entre as salinidades testadas (Tukey; $q = 0,583$; $p = 0,682$) e também no decorrer do tempo na concentração de 2 g/L (Tukey; $q = 1,312$; $p = 0,358$). O Htc não apresentou diferença significativa nas concentrações testadas (Two way; $F = 0,870$; $p = 0,355$) nem no decorrer do tempo (Two way; $F = 0,881$; $p = 0,352$), o VCM não apresentou diferença significativa entre as concentrações testadas (Two way; $F = 2,455$; $p = 0,123$), o CHCM não mostrou diferença após a extrusão (test t; $t = 1,505$) e no decorrer do tempo em 0 g/L (Wilcoxon; $W = 55,000$; $p = 0,091$). E o HCM não apresentou diferença entre as concentrações testadas (Two way; $F = 0,169$; $p = 0,683$) e no decorrer do tempo na salinidade de 2 g/L (Tukey; $q = 1,378$; $p = 0,334$) (Tabela 9).

Tabela 9. Média ($\pm$ erro padrão) dos parâmetros eritrocitários para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em machos de *B. amazonicus*.

	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)			
	0	2	0	2
Hb (g/dL)	12,30 ± 0,15 aA	12,95 ± 0,29 aA	12,06 ± 0,31 aA	13,27 ± 0,33 bA
RBC (milhões/mm³)	2,44 ± 0,09 aA	2,65± 0,06 bA	2,70 ± 0,05 aB	2,74± 0,07 aA
Htc (%)	43,76 ± 0,60 aA	44,01 ± 1,12 aA	44,01 ± 0,76 aA	42,00 ± 1,13 aA
VCM (µm³)	173,81 ± 4,80 aA	169,20 ± 3,42 aA	160,82 ± 2,89 aB	154,03 ± 3,12 aB
CHCM (%)	28,33 ± 0,38 aA	29,34 ± 0,54 aA	27,36 ± 0,35 aA	31,37 ± 0,90 bB

HCM (pg)	51,60 ± 1,67 aA	49,09 ± 1,49 aA	45,74 ± 1,56 aB	46,98 ± 1,38 aA
-------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

RBC: contagem de glóbulos vermelhos; Hb: hemoglobina; Htc: hematócrito; VCM: volume corpuscular médio; HCM: hemoglobina corpuscular média; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média. Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós extrusão e 12 horas pós extrusão). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

Para o nível de cortisol plasmático, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos testados (Two way; $F = 5,385$; $p = 0,025$) e no decorrer do tempo (Two way; $F = 0,0329$; $p = 0,857$) para as fêmeas. Já os machos, apresentaram menores valores nos níveis de cortisol as 12 horas pós extrusão na salinidade de 2 g/L (test t; $t = -2,729$; $p = 0,012$) e no decorrer do tempo os níveis de cortisol aumentaram em 0 g/L (test t; $t = -4,096$; $p = 0,001$). No entanto, não houve diferença estatística nas concentrações testadas após a extrusão (Mann-Whitney; $T = 191,000$; $p = 0,581$), além disso, não foi observada diferença no decorrer do tempo na salinidade de 2 g/L (test t; $t = -1,024$; $p = 0,325$) para os machos (Tabela 10).

Tabela 10. Média ($\pm$ erro padrão) do nível de cortisol plasmático para cada tratamento experimental (0 e 2 g sal/L), pós extrusão e 12 horas pós extrusão em fêmea e macho de *B. amazonicus*.

	Pós Extrusão		12 Horas Pós Extrusão	
	Concentração de sal comum (NaCl, g/L)			
	0	2	0	2
Cortisol (ng/mL) (fêmea)	238,00 ± 15,60 aA	199,66 ± 17,47 aA	233,29 ± 20,88 aA	198,67 ± 6,92 aA
Cortisol (ng/mL) (macho)	171,81 ± 7,57 aA	170,00 ± 14,36 aA	218,80 ± 10,12 aB	185,90 ± 6,54 bA

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais (0g/L e 2g/L) em cada período de coleta (pós extrusão e 12 horas pós extrusão). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística em salinidades iguais no decorrer do tempo (pós extrusão e 12 horas pós extrusão).

A partir das observações feitas por filmagem, foi elaborado o etograma de interações agressivas para machos e fêmeas de *Brycon amazonicus*. Sendo descrita as seguintes unidades comportamentais: ameaça, aproximação, briga, circulação, ataque, empurrão e perseguição (Tabela 11).

Tabela 11. Etograma de interações sociais durante o processo reprodutivo para machos e fêmeas de *Brycon amazonicus*.

Unidade comportamental	Descrição
Ameaça	O animal nada com maior velocidade em direção ao oponente, mudando a direção quando chega próximo.
Aproximação	O animal nada em direção ao oponente, sem apresentar ameaça ou realizar contato.
Briga	Ambos os animais trocam mordidas, em diversas partes do corpo, dorso, cabeça ou calda.
Circulação	O animal nada ao redor do outro em um plano horizontal a uma distância de cerca de 10 a 15 cm.
Ataque	O animal desfere mordidas no outro, durante o confronto.
Empurrão	O animal desloca o outro com a cabeça na parte dorsal do corpo do seu oponente.
Perseguição	O animal nada em direção ao oponente, acompanhando sua trajetória.

Para a latência, não houve diferença significativa entre os tratamentos testados (test t; $t = 0,681$; $p = 0,510$), sendo que a média $\pm$ erro padrão do tratamento sem sal ficou com $23,00 \pm 6,41$ segundos e o tratamento com sal ficou com $16,85 \pm 3,46$ segundos.

Não houve diferença significativa para as unidades comportamentais (ameaça (test t; $t = -0,873$; $p = 0,400$); aproximação (test t; $t = -0,529$; $p = 0,607$); briga (Mann-Whitney; $T = 38,500$; $p = 0,073$); circulação (test t; $t = 0,722$; $p = 0,487$); ataque (test t; $t = -0,947$; $p = 0,365$); empurrão (test t; $t = -1,134$; $p = 0,281$); perseguição (test t; $t = -1,144$; $p = 0,282$); total de interações (test t; $t = -1,056$; $p = 0,314$)) entre os tratamentos experimentais quando considerado a interação das fêmeas para os machos (Figura 2).

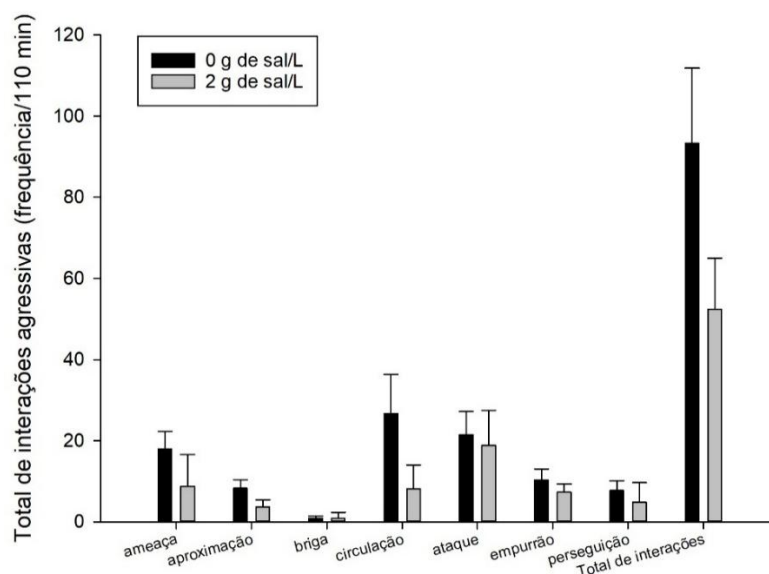


Figura 2. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas das fêmeas para os machos em cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos).

Considerando as interações entre fêmeas, foi observado que na salinidade de 2 g/L as unidades a ameaça (test t; $t = -2,489$; $p = 0,037$), a perseguição (test t; $t = -2,418$; $p = 0,045$) e o total de interações (test t; $t = -4,020$; $p = 0,003$) também apresentaram maior frequência entre os animais mantidos no tratamento de 2 g/L. As demais unidades comportamentais não apresentaram diferença estatística (aproximação (Mann-Whitney; $T = 58,500$; $p = 0,456$); briga (Mann-Whitney; $T = 46,000$; $p = 0,456$); circulação (Mann-Whitney; $T = 40,500$; $p = 0,128$); ataque (test t; $t = -1,974$; $p = 0,083$); empurrão (Mann-Whitney; $T = 49,500$; $p = 0,710$) (Figura 3).

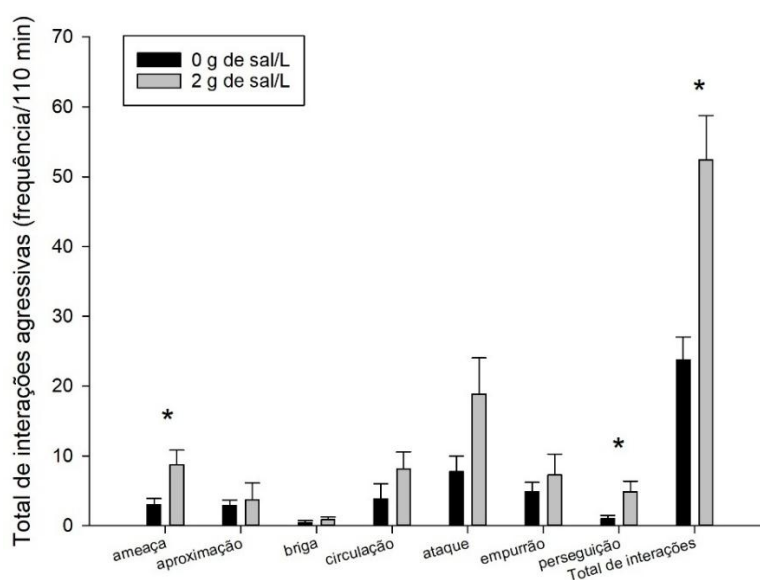


Figura 3. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre fêmeas, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos). Asterisco (*) indicam diferença entre os tratamentos (test t, $p < 0,05$).

As interações que os machos exerceram, não apresentou diferença significativa em todas as unidades comportamentais analisadas, tanto as interações para com as fêmeas (ameaça (test t; $t = -0,699$; $p = 0,499$); aproximação (Mann-Whitney; $T = 55,000$; $p = 0,805$); briga (Mann-Whitney; $T = 38,500$; $p = 0,073$); circulação (test t; $t = 0,799$; $p = 0,442$); ataque (Mann-Whitney; $T = 46,500$; $p = 0,456$); empurrão (Mann-Whitney; $T = 45,500$; $p = 0,383$); perseguição (Mann-Whitney; $T = 46,000$; $p = 0,456$); total de interações (test t; $t = -0,259$; $p = 0,800$)) (Figura 4), tanto em interações com os outros machos (ameaça (Mann-Whitney; $T = 51,000$; $p = 0,902$); aproximação (test t; $t = 1,587$; $p = 0,139$); briga (Mann-Whitney; $T = 52,000$; $p = 1,000$); circulação (Mann-Whitney; $T = 54,000$; $p =$

0,902); ataque (Mann-Whitney; $T = 47,000$; $p = 0,535$); empurrão (test t ; $t = -1,112$; $p = 0,288$); perseguição (Mann-Whitney; $T = 50,500$; $p = 0,805$); total de interações (test t ; $t = -0,873$; $p = 0,400$)) (Figura 5).

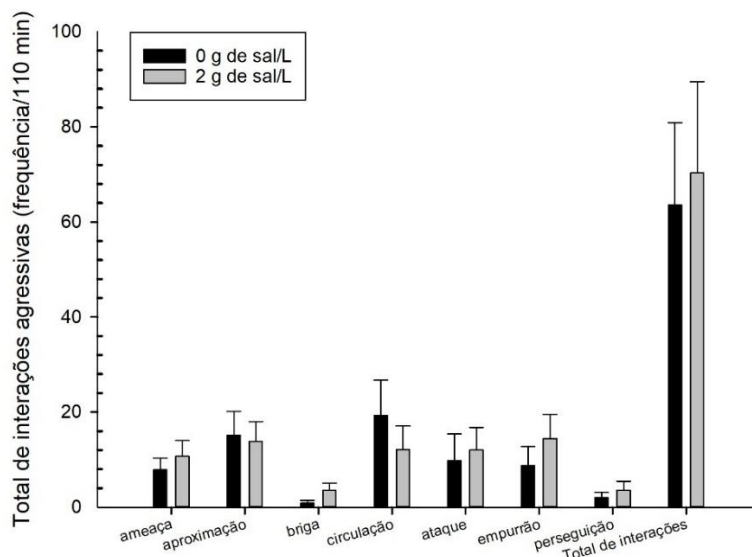


Figura 4. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre machos e fêmeas, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos).

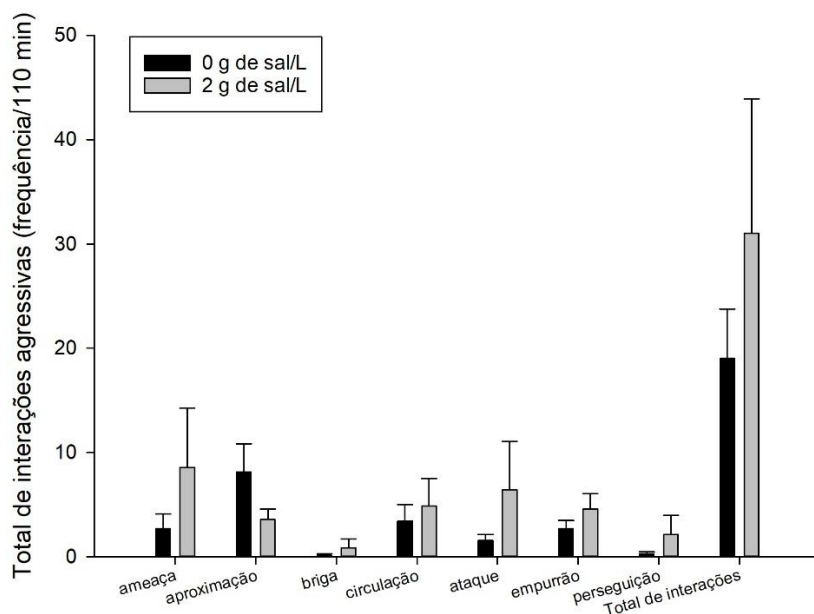


Figura 5. Média ($\pm$ erro padrão) do total de interações agressivas entre machos, para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L) durante o período de observação (110 minutos).

Para o sucesso de acasalamento, tanto as taxas de fertilização (test t ; $t = 0,274$; $p = 0,788$) quanto a de eclosão (Mann-Whitney; $T = 112,000$; $p = 0,623$) não apresentaram diferença significativa entre as salinidades testadas (Figura 6).

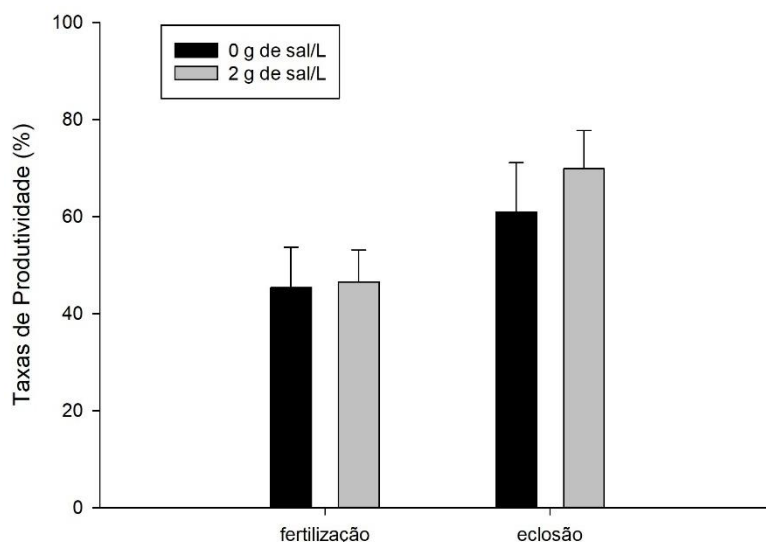


Figura 6. Média ($\pm$ erro padrão) das taxas de produtividade: fertilização e eclosão para cada tratamento experimental (0 e 2 gramas de sal/L).

12. DISCUSSÃO

O ambiente de criação e o manejo são considerados agentes estressores, por não refletirem o ambiente natural dos peixes, impactando na fisiologia e o bem-estar (Conte, 2004). Além desses agentes estressores, a reprodução dos peixes também atua no desequilíbrio fisiológico, por demandar maior quantidade de energia para a maturação gonadal e a gametogênese (Wootton, 1985). Durante o estresse fisiológico, ocorre o aumento dos níveis de cortisol plasmático, sendo ele responsável na realocação da energia que antes seria utilizada no crescimento e reprodução, para o retorno a homeostase fisiológica. Uma das alternativas utilizadas para o retorno a homeostase durante o estresse é a utilização do sal na água, reduzindo a diferença iônica entre a água e o animal, diminuindo o gasto energético causado pela difusão de íons (Altinok & Grizzle, 2004), sendo que o aumento dos níveis de cortisol atua no balanço hidromineral, especialmente no transporte de Na^+ e Cl^- (Wendelaar-Bonga, 1997).

Os parâmetros bioquímicos das fêmeas analisadas neste estudo estão superiores aos encontrados para a mesma espécie por Nascimento et al. (2020), podendo assim afirmar que o período de reprodução necessita de maior realocação de recursos energéticos. Os níveis de triglicerídeos apresentaram menores valores durante a extrusão na salinidade de 2 g/L, sendo este um indicio de redução do gasto energético. Além disso, foi observado que após o período de extrusão todos os parâmetros bioquímicos reduziram, independente da salinidade, corroborando com a menor necessidade de substrato

energético após o período reprodutivo (Jenkins et al., 2023).

Além dos parâmetros bioquímicos, outra resposta secundária ao estresse são os parâmetros eritrocitários (O'Neal et al., 2006). Podendo ser observado maiores níveis de hemoglobina (Hb) e na quantidade de eritrócitos (RBC) nas fêmeas no tratamento de 2 g/L, sendo estes parâmetros responsáveis pelo maior aporte de oxigênio. Foi observado também, que no decorrer do tempo, só houve aumento na Hb na menor salinidade, mostrando que a maior salinidade corroborou com o aumento do gasto energético no transporte de oxigênio.

O aumento da salinidade refletiu no aumento nos níveis de sódio (Na^+) nas fêmeas. Junto com o aumento do Na^+ , foi observada a redução do potássio (K^+) após a extrusão em 2 g/L. Podemos inferir que o K^+ atua no trocador iônico Na^+/K^+ ATPase, e com o aumento nos níveis de Na^+ na água, a atividade da Na^+/K^+ ATPase é reduzida, reduzindo assim a quantidade de K^+ . Logo o aumento do K^+ no decorrer do tempo no tratamento de 0 g/L corroborou com essa afirmação, explicado pela maior atividade do trocador iônico, que retira o Na^+ do meio celular e incorpora o K^+ durante a troca (Liu et al., 2025).

Já os níveis de cálcio (Ca^{2+}) aumentam durante a fase reprodutiva, sendo necessário para a produção de oócitos, logo após a fase reprodutiva seus níveis tendem a baixar pela liberação da calcitonina, inibindo a produção do Ca^{2+} (Maruyama et al., 2025).

Nos machos de *B. amazonicus*, o tratamento de 2 g/L ocasionou na redução da glicose após a extrusão e 12 horas pós extrusão, sendo que todo ajuste necessário na regulação iônica necessita de substrato energético (Zhang et al., 2025). Em ambos os tratamentos, no decorrer do tempo, houve redução nos níveis de colesterol plasmático após a reprodução, onde o colesterol é utilizado na síntese dos hormônios sexuais, com isso sua redução é esperada (Ye et al., 2023). Houve redução nos níveis de proteína totais na presença de sal após a extrusão e 12 horas pós extrusão, podendo estar associada com estresse salino, levando a catalização das proteínas para serem utilizadas como substratos energéticos (Savaedi et al., 2026).

Corroborando com os níveis de glicose citado acima, houve aumento nos níveis de Na^+ durante a reprodução e após 12 horas da extrusão no tratamento com 2 g/L pela difusão do íon, da mesma forma que a redução do K^+ esteja ligado a atividade da Na^+/K^+ ATPase (Liu et al., 2025). O Ca^{2+} é utilizado como sinalizador durante o estresse salino, a redução do seu valor é decorrente da sua utilização em trocadores iônicos, pela difusão de Na^+ e Cl^- (Dildar et al., 2025). Para machos de *B. amazonicus* houve uma redução nos seus níveis após a extrusão, não é comum o aumento ou redução dos seus níveis após a

reprodução, pois a demanda durante e após a reprodução e irrisória podemos observar este padrão para *Mastacembelus armatus* (Verma e Alim, 2014) sendo este resultado ser específico para *B. amazonicus*.

Diferente das fêmeas, os machos apresentaram maior sensibilidade nos parâmetros eritrocitários, maiores números de RBC foi observado na salinidade de 2 g/L após a extrusão. Além disso, 12 horas pós extrusão, os níveis de Hb e CHCM foram maiores no mesmo tratamento, indicando a maior necessidade do aporte de oxigênio. No entanto, no decorrer do tempo, 12 horas pós extrusão, o tratamento de 0 g/L aumentou a quantidade de RBC, diferente do tratamento de 2 g/L que manteve o número de RBC.

Ambos os tratamentos apresentaram redução no tamanho do eritrócito (VCM) no decorrer do tempo, porém o tratamento de 2 g/L apresentou aumento CHCM, evidenciando maior aporte de oxigênio, corroborando com o aumento da glicose citado acima. E o tratamento de 0 g/L mostrou redução no HCM, podendo ser observado que a salinidade influenciou na necessidade de Hb.

A principal resposta hormonal ao estresse estudada é o cortisol plasmático, os níveis após a reprodução, tanto para os machos quanto das fêmeas foram mais elevados do que o observado por Oda (2009). As fêmeas não apresentaram redução nos seus níveis independente do tratamento ou do tempo após a extrusão. Já os machos apresentaram menores níveis de cortisol em 2 g/L após 12 horas de extrusão. Além disso, a quantidade de cortisol plasmático aumentou após a extrusão e as 12 horas pós extrusão no tratamento de 0 g/L, mostrando que a adição de sal manteve os níveis de cortisol.

O sal comum é amplamente utilizado para reduzir o efeito do estresse fisiológico, reduzindo assim o gasto com a osmorregulação em níveis ótimos de salinidade (Kenter et al., 2019). Já o cortisol atua realocando a energia direcionada ao crescimento e a reprodução, buscando reduzir o gasto energético em situações estressoras (Wendelaar-Bonga, 1997), a utilização do sal no contexto da reprodução auxilia na homeostase do animal, pois diminui o gradiente iônico entre a água e o plasma sanguíneo (Sallam et al., 2025).

O sal também pode potencializar a agressividade entre as espécies de peixe, podendo interferir nas vias quimiorreceptoras, reduzindo a sinalização química entre coespecíficos (Giaquinto e Volpato, 1997). Não foi observado diferença significativa no tempo da primeira exibição agonística (Latência), entre os tratamentos, segundo Lopes et al. (2018), mudanças nos fatores ambientais podem modular a intensidade das interações agressivas, porem para reprodutores de *Brycon amazonicus*, não foi observado diferença

no tempo de exibição do comportamento. Neste estudo, as fêmeas de *B. amazonicus* apresentaram aumento na agressividade contra outras fêmeas, observado principalmente nas unidades comportamentais de ameaça, perseguição e no total de interações na presença do sal.

O aumento da agressividade favorece o acesso dos recursos limitados, tais quais, como território e parceiro (Mushtaq, 2024). Além de estar correlacionado com o aumento do estradiol plasmático e índices gonadossomáticos (Tubert et al., 2012). Mesmo com o aumento da agressividade não houve aumento nos níveis de cortisol, níveis elevados de cortisol podem reduzir os níveis de estradiol em fêmeas, ou o de 11 cetotestosterona em machos, hormônios chaves para o desenvolvimento reprodutivo (Ramallo et al., 2015).

Desta forma, mesmo que o uso do sal tenha aumentado as interações agressivas para as fêmeas de *B. amazonicus*, não houve reflexo da agressividade nas taxas de fertilização e eclosão.

13. CONCLUSÃO

Diante do uso do sal resultou na maior necessidade de oxigênio, tanto em machos como em fêmeas, e mesmo reduzindo os níveis de cortisol em machos 12 Horas pós eclosão, não mostrou resultados favoráveis durante a extrusão. Além disso, não refletiu em maiores taxas de fertilização e eclosão para as fêmeas. Logo não indico o uso de 2 gramas de sal/L durante a reprodução de *B. amazonicus*.

14. REFERÊNCIAS

- ALTINOK, I.; GRIZZLE, J.M. Excretion of ammonia and urea by phylogenetically diverse fish species in low salinities. **Aquaculture**, 238(1–4), 499–507, 2004.
- BERNARDINO, G.; SENHORINI, J.A.; FONTES, N.A.; BOCK, C.L.; MENDONÇA, J.O.J. Propagação artificial do matrinhã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei, Characidae). **Boletim Técnico CEPTA**, 6(2), 1–9, 1993.
- COLLIER, H.B. Standardization of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, 50(6), 550, 1944.
- CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, 86(3–4), 205–223, 2004.
- DILDAR, T.; CUI, W.; IKHWANUDDIN, M.; MA, H. Organismos aquáticos em resposta ao estresse de salinidade: impactos ecológicos, mecanismos adaptativos e estratégias de resiliência. **Biology**, 14(6), 667, 2025. <https://doi.org/10.3390/biology14060667>
- GIAQUINTO, P.C.; VOLPATO, G.L. Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia. **Physiology & Behavior**, 62(6), 1333–1338, 1997.
- GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, 56(1), 35–39, 1971.
- HONCZARYK, A.; INOUE, L.A.K.A. Produção comercial de alevinos de matrinhã na Amazônia Ocidental. **Embrapa Amazônia Ocidental – Circular Técnica**, 2009.
- IZQUIERDO, M.S.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, H.; TACON, A.G.J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. **Aquaculture**, 197, 25–42, 2001.

- JENKINS, L.E.; MEDEIROS, L.R.; GRAHAM, N.D.; HOFFMAN, B.M.; CERVANTES, D.L.; HATCH, D.R.; PIERCE, A.L. Feeding after spawning and energy balance at spawning are associated with repeat spawning interval in steelhead trout. **General and Comparative Endocrinology**, 332, 114181, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2022.114181>
- KENTER, L.W.; GUNN, M.A.; BERLINSKY, D.L. Transport stress mitigation and the effects of preanesthesia on striped bass. **North American Journal of Aquaculture**, 81(1), 67–73, 2019.
- LEONARDO, A.F.G.; HOSHIBA, M.A.; SENHORINI, J.A.; URBINATI, E.C. Canibalismo em larvas de matrinxã *Brycon cephalus* após imersão dos ovos à diferentes concentrações de triiodotironina (T3). **Boletim do Instituto de Pesca**, 34(2), 231–239, 2008.
- LIU, Y.; TIAN, J.; SONG, H.; ZHU, T.; LEI, C.; DU, J.; LI, S. Osmoregulation and physiological response of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) juvenile to different salinity stresses. **International Journal of Molecular Sciences**, 26(8), 3847, 2025. <https://doi.org/10.3390/ijms26083847>
- LOPES, A.C.C.; VILLACORTA-CORREA, M.A.; CARVALHO, T.B. Lower light intensity reduces larval aggression in matrinxã, *Brycon amazonicus*. **Behavioural Processes**, 151, 62-66, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.01.017>
- MATSUO, M.; KAMEI, Y.; FUKAMACHI, S. Behavioural red-light sensitivity in fish according to the optomotor response. **Royal Society Open Science**, 8(8), 2021. <https://doi.org/10.1098/rsos.210415>
- MARUYAMA, Y.; WATANABE, K.; MATSUOKA, R.; KURODA, K.; MATSUBARA, H.; SUZUKI, N.; HIRAYAMA, J. Melatonin suppresses the plasma calcium level in female goldfish during the late and post-reproductive stages. **Scientific Reports**, 15(1), 31480, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14026-8>
- NASCIMENTO, G.B.; VALE AMARAL, L.; RAMOS, N.C.; LITAIF, N.R.; RIBEIRO, M.W.S.; SILVA LADISLAU, D.; OLIVEIRA, A.T. Parâmetros hematológicos do matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae: Bryconinae)

- criados em cativeiro na região Amazônica. **Brazilian Journal of Development**, 6(1), 3303–3315, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-238>
- ODA, G.M. Cortisol na reprodução e no desenvolvimento inicial do matrinxã (*Brycon amazonicus*), 2009.
- O'NEAL, C.C.; HAWKE, J.P.; WEIRICH, C.R. Evaluation of low levels of salinity on hematological parameters and health status of channel catfish reared in multiple-crop ponds. **Journal of Aquatic Animal Health**, 18(1), 1–10, 2006.
- RAMALLO, M.R.; BIRBA, A.; HONJI, R.M.; MORANDINI, L.; MOREIRA, R.G.; SOMOZA, G.M.; PANDOLFI, M. Um estudo multidisciplinar sobre o status social e a relação entre a variação interindividual nos níveis hormonais e o comportamento agonístico em um peixe ciclídeo neotropical. **Hormones and Behavior**, 69, 139–151, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2015.01.008>
- ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M.Y.; BORELLA, M.I.; FENERICH-VERANI, N. Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã *Brycon cephalus* induzidas à reprodução. **Boletim do Instituto de Pesca**, 27(2), 139–147, 2001.
- SALLAM, G.R.; BASUINI, M.F.E.; FAHMY, A.F.; AL-ABSAWEY, M.A.; HABIB, Y.J.; MUSTAFA, R.A.; SHEHATA, A.I. Salinity-dependent effects of integrated biofloc technology on reproductive performance, biological responses, and offspring quality in red tilapia aquaculture. **Aquaculture International**, 33(2), 135, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01804-w>
- Savaedi, S., Salati, A., Alijani Ardeshtir, R., & Hedayati, A. (2026). Chlorpyrifos-induced changes in osmoregulation in common carp (*Cyprinus Carpio*). *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 38(1), 2618848.
- VELASCO-SANTAMARÍA, Y.; CRUZ-CASALLAS, P. Methodology for determination of plasma cortisol in fish using competitive enzyme-linked

- immunosorbent assay (ELISA). **Revista MVZ Córdoba**, 12(1), 869–877, 2007.
- VERMA, S.K.; ALIM, A. Atividade diferencial da estaniocalcina em machos e fêmeas do teleósteo de água doce *Mastacembelus armatus* (Lacepede) durante a maturação gonadal. **PLoS One**, 9(7), e101439, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101439>
- VIDAL, L.V.O.; FURUYA, W.M.M.; GRACIANO, T.S.; SCHAMBER, C.R.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SOUZA, S.R. Eugenol como anestésico para juvenis de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 8(4), 2007.
- WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, 77(3), 591–625, 1997.
- WINTROBE, M.M. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, 51, 32–49, 1934.
- WOOTTON, R.J. Energetics of reproduction. In: **Fish Energetics**. Dordrecht: Springer, 231–254, 1985.
- YE, L.; ZHU, M.; JU, J.; YANG, H. Effects of dietary cholesterol regulation on spermatogenesis of *Gobiocypris rarus* rare minnow. **International Journal of Molecular Sciences**, 24(8), 7492, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms24087492>
- ZHANG, Y.; YU, H.; CHEN, H.; WANG, X.; TAN, Y.; SUN, J.; SONG, F. Integrative transcriptomic and metabolomic analyses reveal preliminary molecular mechanisms of gills response to salinity stress in *Micropterus salmoides*. **Aquaculture**, 742600, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742600>

15. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos capítulos II e III, procuraram responder quais níveis seguros da utilização do sal na piscicultura, mostrando respostas tanto para a redução do estresse, quanto para a maximização do processo reprodutivo, e alcançou o objetivo proposto na Tese. O foco principal foi repassar uma tecnologia acessível ao produtor rural, pensando em um produto de fácil acesso e com o menor custo, sendo bem utilizado maximiza a produção independente do tamanho da escala. Além disso, foi elaborado o etograma de interações sociais para *Brycon amazonicus*, um achado que servira para nortear novas pesquisas comportamentais para os Characiformes.