

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Tese

DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE LARVAS E ALEVINOS DE JUNDIÁ
(*Rhamdia quelen*) EM CONFINAMENTO

Cristiano Costenaro-Ferreira

Pelotas, 2016

CRISTIANO COSTENARO-FERREIRA

**DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE LARVAS E ALEVINOS DE JUNDIÁ
(*Rhamdia quelen*) EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Recursos Pesqueiros)

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Renato Noguez Piedras

Pelotas, 2016

Espaço destinado à ficha catalográfica

Cristiano Costenaro-Ferreira

**DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE LARVAS E ALEVINOS DE JUNDIÁ
(*Rhamdia quelen*) EM CONFINAMENTO**

Tese aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em
Ciência Animal, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de
Pelotas.

Data da defesa: 12/12/2016

Banca examinadora:

Prof. Dr. Sérgio Renato Noguez Piedras (Orientador)
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Dr. Charles Nunes Fróes
Doutor em Aquicultura pela Universidade Federal do Rio Grande

Prof. Dr. Fabio de Araújo Pedron
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Juvêncio Luis Osório Fernandes Pouey
Doutor em Veterinária pela Universidade de Zaragoza

Prof. Dr. Luís André Nassr de Sampaio
Doutor em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal do Rio Grande

Banca examinadora

Prof. Dr. Sérgio Renato Noguez Piedras – Presidente

Dr. Charles Nunes Fróes - UFPel

Prof. Dr. Fabio De Araújo Pedron – UNIPAMPA

Prof. Dr. Juvêncio Luiz Osório Fernandes Pouey – UFPel

Prof. Dr. Luis André Nassr de Sampaio – FURG

“Uma caminhada de mil léguas começa
sempre com o primeiro passo”.

Provérbio chinês

***Aos meus pais Renato e Vilma
dedico este trabalho.***

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelas oportunidades e saúde que me foram dadas, pois se me faltasse qualquer uma delas, não chegaria até aqui.

Ao meu pai Renato e a minha mãe Vilma, pois seus puxões de orelha, ensinamentos e valores fizeram de mim a pessoa que sou.

Às minhas irmãs Patrícia e Jéssica e ao meu cunhado Christopher pelo apoio.

À professora Ione Denardin, grande amiga e incentivadora, que desde o ensino médio tem insistido para que eu não parasse de estudar.

Ao professor Sérgio Piedras pela amizade, apoio e incentivo a buscar conhecimento e aperfeiçoamento para que eu possa estar preparado para os desafios profissionais.

Ao professor Juvêncio pelo apoio técnico.

Aos colegas de laboratório Aline, Amanda Silva, Daiane, Fabiano, Fernanda Póvoa, João Morato, Mauro, Suzane, Rafael Tavares e Thiago pela troca de ideias, auxílio e descontração.

Em especial agradeço à Fernanda Hammes, Gustavo, Leonardo, Rodrigo e Vilson pelos momentos de descontração e pela imensurável ajuda na execução dos experimentos, pois sem eles esta tese não existiria.

À minha namorada Daniela e sua família pela compreensão e grande apoio durante o processo de escrita, quando me forneceram todos os recursos para que eu pudesse escrever sem outras preocupações.

Ao CNPq pela concessão da bolsa durante todo o período do doutorado.

A todos aqueles que, de alguma forma colaboraram para o início e conclusão deste trabalho.

Muito obrigado!

Resumo

COSTENARO-FERREIRA, C. Desempenho e comportamento de larvas e alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) em confinamento. 2016. 69f – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, RS, Brasil.

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e o comportamento de larvas e alevinos de jundiá em condições de confinamento. O primeiro experimento avaliou o crescimento e o comportamento de larvas de jundiá criadas em duas densidades (D100: 1913 larvas/m² e D400: 7655 larvas/m²) por 56 dias. Foi verificado que a densidade afetou o comportamento das larvas, principalmente no momento em que deixaram de ser pelágicas e tornaram-se bentônicas, de modo que a área de fundo ocupada foi fator determinante no desempenho. Embora as larvas do D100 tenham permanecido mais pesadas ao final do experimento (D100 = 607,1 ± 24,6 mg; D400 = 465,4 ± 16,3 mg) o comprimento total foi semelhante (D100 = 39,3 ± 0,6 mm; D400 = 37,1 ± 0,7 mm).

Por isso um segundo experimento foi realizado para avaliar o ganho compensatório utilizando alevinos de 666 ± 66 mg provenientes do D100 e de 630 ± 33 mg provenientes do D400. Com esse estudo concluiu-se que o atraso no crescimento causado pela elevada densidade no período da larvicultura não é recuperado no período de 45 dias. Um terceiro experimento foi realizado para avaliar o comportamento canibal de alevinos de jundiá em lotes heterogêneos e alimentados com diferentes tamanhos de partícula de ração. Nesse estudo os alevinos foram divididos em três classes de tamanho chamadas de predadores

(Pd) com $389,31 \pm 89,13$ mg e $34,47 \pm 3,36$ mm, presas médias (Pm) com $101,59 \pm 32,38$ mg e $20,76 \pm 2,66$ mm e presas pequenas (Pp) com $28,13 \pm 13,09$ mg e $13,51 \pm 1,75$ mm. A fim de criar lotes heterogêneos, cada unidade experimental foi composta por duas Pd, cinco Pm e cinco Pp e 20 desses grupos foram formados. Para esses grupos foram fornecidos cinco tamanhos de partícula de ração (P: partículas menores que 200 μ m; M: partículas entre 200 – 400 μ m; G: partículas entre 400 – 600 μ m; PG: partículas menores que 200 μ m e entre 400 – 600 μ m; e MG: ração com partículas entre 200 – 600 μ m) a fim de verificar alterações no comportamento canibal. Durante 42 horas foram realizadas observações comportamentais e ao final do estudo o comprimento total (CT) e abertura da boca dos predadores e CT e altura da cabeça das presas foram mensuradas. Foi verificado que a taxa de canibalismo não foi afetada pelos tamanhos de partícula e que de 82,71 a 100% das presas que possuíam a altura da cabeça menor ou igual à abertura da boca dos predadores foram ingeridas, as quais pesavam $11,63 \pm 4,30\%$ do peso vivo dos predadores. Além disso, foi verificado que diferença no CT dos indivíduos do lote deve ser menor que 13,7 mm para evitar que os peixes menores sejam engolidos pelos maiores. Assim concluiu-se que o canibalismo persiste mesmo com o uso de partículas energeticamente mais viáveis e que a classificação permanece sendo a melhor forma de evitá-lo no cultivo de jundiás provenientes de reprodutores selvagens.

Palavras chave: densidade de estocagem; canibalismo, peixe, bagre prateado, peixe bentônico.

Abstract

COSTENARO-FERREIRA, C. Performance and behavior of larvae and fry of jundiá (*Rhamdia quelen*) in confinement. 2016. 69f – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, RS, Brasil.

The goal of this study was to evaluate the performance and the behavior of larvae and fry of jundiá in confinement. The first test evaluated the growth and behavior of jundiá larvae reared on two stocking densities (D100: 1,913 larvae/m² e D400: 7,655 larvas/m²) for 56 days. It was verified that behavior was affected by densities, mainly at the moment of the change to the benthic habit, when the bottom area occupied was determinant on performance. Although D100 larvae have remained heavier at the end of the test (D100 = 607.1 ± 24.6 mg; D400 = 465.4 ± 16.3 mg), the total length was similar (D100 = 39.3 ± 0.6 mm; D400 = 37.1 ± 0.7 mm). For this a second test was performed to evaluate the compensatory growth, by using jundiá fry of 666 ± 66 mg from D100 and of 630 ± 33 mg from D400 treatment. From this work, it was concluded that the growth delay due to high stocking density in the larviculture is not recovered in 45 days. A third study was made to evaluate the cannibal behavior of jundiá fry in heterogeneous batches fed on food with different particle sizes. In this experiment jundiá fry were divided into three size classes referred to as predators (Pd) of 389.31 ± 89.13 mg weight and 34.47 ± 3.36 mm total length (TL), medium-sized prey (Mp) of 101.59 ± 32.38 mg weight and 20.76 ± 2.66 mm TL, and small-sized prey (Sp) of 28.13 ± 13.09 mg weight and 13.51 ± 1.75 mm TL. In order to create

heterogeneous batches 20 of these groups were made composed of two Pd, five Mp, and five Sp. To these groups were offered a food with five particle sizes (S: <200 µm; M: 200-400 µm; L: 400-600 µm; SL: <200 µm and 400-600 µm; ML: 200-600 µm) in order to verify changes in cannibal behavior. During 42 hours the behavior was observed and at the end of the study the total length (TL), mouth gape of the predators, and TL and head height of the prey were measured. It was found that CR was unaffected by the different food particle sizes and that 82.71%–100% of the prey with head height smaller than or equal to the predator's mouth gape were ingested which weighed around $11.63\% \pm 4.30\%$ of the predator weight. Moreover, it was verified that if the difference in the TL of the individuals of the batch is >13.7 mm, then the smaller fish may be eaten by the larger ones. Thus, it is concluded that cannibalism persists despite the supply of more energetically favorable rations and that size grading remains the only practical method to reduce cannibalism in the hatchery of jundiá fry obtained from a wild pair.

Keywords: stocking densities, cannibalism, fish, silver catfish, benthic fish.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1 – Gráfico platô da relação entre a cobertura do fundo do tanque (CFT) e a taxa de crescimento específico (TCE) de larvas de jundiá criadas em duas densidades ($D100=1913/m^2$ e $D400=7655/m^2$). Os círculos, losangos, triângulos e quadrados representam os dados aos 7, 28, 42 e 56 dias, respectivamente. Marcadores em azul e vermelho indicam os tratamentos D100 e D400, respectivamente. 37
- Figura 2 – Ocorrência acumulada de brigas nas unidades experimentais em função da densidade de estocagem ($D100=1913/m^2$ e $D400=7655/m^2$). 38
- Figura 3 – Ocorrência diária acumulada (ODA) de aquários em que era visualizada a 'procura por refúgio' em função das densidades de estocagem testadas ($D100=1913/m^2$ e $D400=7655/m^2$). 39
- Figura 4 – Representação gráfica da agitação durante a alimentação (ADA) de larvas de jundiá criadas em duas densidades ($D100=1913/m^2$ e $D400=7655/m^2$). Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pela ANOVA. 39
- Figura 5 – Conversão alimentar de alevinos de jundiá cultivados 45 dias sob as mesmas condições após serem mantidos por um período de 56 dias nas densidades de $1913/m^3$ (D100) e $7655/m^3$ (D400). 40
- Figura 6 – Mudanças no padrão de desenvolvimento de larvas de jundiá criadas em duas densidades (D100: 1913 larvas/ m^2 e D400: 7655 larvas/ m^2). As linhas pontilhadas e contínuas representam D100 e D400, respectivamente; ● peso; ▲ comprimento. 41

Capítulo 2

- Figura 1 – Predador de 29 mm indicando os parâmetros morfológicos mensurados nos alevinos de jundiá. AC = altura da cabeça; AB = abertura da boca; CT = comprimento total; secção a-b = região da medição da AC. 53
- Figura 2 – Taxa de canibalismo em lotes heterogêneos de alevinos de jundiá, em relação aos períodos diários e independente do tamanho de partícula fornecido (n = 20). As colunas em cinza e em preto indicam a porcentagem de ocorrências no primeiro e segundo dia, respectivamente. 55
- Figura 3 – Regressão linear entre o comprimento total e abertura da boca dos predadores (esquerda) e comprimento total e altura da cabeça das presas (direita)..... 56
- Figura 4 – Representação esquemática do comprimento total do predador e da presa. As barras de erro indicam a máxima diferença no comprimento entre o maior e o menor alevino do lote para que o canibalismo seja evitado. A abertura da boca dos predadores foi calculada pela linha superior do limite de confiança, $y = 0,001x^2 + 0,095x - 1,833$ 57

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 - Desempenho de larvas de jundiá criadas nas densidades de 1913/m ² (D100) e 7655/m ² (D400) do 7º ao 21º dia.	36
Tabela 2 – Desempenho de larvas de jundiá criadas nas densidades de 1.913/m ² (D100) e 7.655/m ² (D400) do 28º ao 56º dia.	36
Tabela 3 – Crescimento de alevinos de jundiá cultivados sob as mesmas condições após serem mantidos por um período de 56 dias nas densidades de 1913/m ³ (D100) e 7655/m ³ (D400).	40

Capítulo 2

Tabela 1 - Composição nutricional da ração comercial (%)	51
Tabela 2 - Etograma das interações observadas em lotes heterogêneos de alevinos de jundiá durante o dia	52
Tabela 3 - Número de ataques de predadores às presas (NAT), porcentagem de presas afastadas dos predadores (PAP) e presas na superfície da água (PSA) em 10 min de observação e taxa de canibalismo (TC) de alevinos de jundiá em lotes heterogêneos alimentados com diferentes tamanhos de partícula da ração (n = 4). Valores estão expressos como média ± desvio padrão.	55

SUMÁRIO

1	Introdução Geral	19
2	Objetivo Geral	21
2.1	Objetivos específicos.....	21
2.2	Hipótese	21
3	Revisão bibliográfica	22
3.1	Densidade de estocagem para o jundiá	22
3.2	Comportamento animal	23
3.3	Canibalismo.....	24
3.4	Domesticação.....	25
Capítulo 1 – Desempenho e comportamento de larvas de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i>, criadas em duas densidades		28
4.1	Introdução	29
4.2	Material e métodos.....	30
4.2.1	Experimento 1 – Desempenho e comportamento	30
4.2.2	Experimento 2 – Ganho compensatório	34
4.3	Resultados	35
4.3.1	Desempenho	35
4.3.2	Comportamento.....	38
4.3.3	Ganho compensatório	40
4.4	Discussão.....	41
4.5	Conclusão	46
Capítulo 2 – Gestão do canibalismo em alevinos de jundiá, <i>Rhamdia quelen</i>: comportamento em lotes heterogêneos alimentados com ração de diferentes tamanhos de partícula.....		47
5.1	Introdução	48
5.2	Materiais e métodos	50

5.2.1	Animais e período experimental	50
5.2.2	Instalações	50
5.2.3	Tamanhos de partículas e manejo alimentar.....	51
5.2.4	Avaliações comportamentais.....	52
5.2.5	Relações predador/presa	53
5.2.6	Análises estatísticas	54
5.3	Resultados	54
5.3.1	Comportamento predatório.....	54
5.3.2	Predição do canibalismo	56
5.4	Discussão.....	57
5.5	Conclusão	60
6	Considerações finais.....	61
7	Referências.....	62

1 INTRODUÇÃO GERAL

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um siluriforme nativo da América do Sul, que apresenta potencial para cultivo (FRACALOSSI et al., 2004; GOMES et al., 2000). Porém, embora as pesquisas sobre sua biologia e cultivo tenham se intensificado a partir da década de 80, ainda não existe um pacote tecnológico que permita sua criação em larga escala.

Dentre os principais problemas no cultivo estão o crescimento heterogêneo e a elevada taxa de canibalismo nas fases iniciais. A heterogeneidade deve-se ao fato de não haver um programa de seleção de reprodutores, pois se sabe que a diversidade genética de populações selvagens é maior, de modo que, quanto maior for a pressão de seleção durante as gerações, mais homogêneos são os indivíduos (APPLEYARD & WARD, 2006; BRÄNNÄS et al., 2005; FLEMING et al., 2002). Já o canibalismo é um comportamento comum na fase larval dos peixes, especialmente em ambientes de cultivo onde eles estão impossibilitados de escapar da predação via segregação ou migração, o que é intensificado com o aumento da densidade (BARAS & JOBLING, 2002; DOU et al., 2000)

Dessa forma, ou o produtor realiza constantes classificações para formar lotes homogêneos e diminuir o canibalismo (o que aumenta a mão de obra) ou utiliza uma densidade de estocagem elevada, para que, mesmo com a baixa sobrevivência, tenha uma quantidade de peixes próxima à desejada no momento da despesca.

Assim, ao considerar a elevada diversidade genética como principal fator dos problemas de cultivo, torna-se necessário buscar alternativas, uma vez que os resultados de um programa de melhoramento são obtidos em longo prazo.

Um das alternativas para reduzir o canibalismo em lotes oriundos de reprodutores não selecionados é fornecer partículas de ração que ocupem o maior volume possível no estômago. Partículas muito pequenas em relação ao tamanho da boca do peixe aumentam o gasto energético para capturar a quantidade necessária para a saciedade fisiológica, além de apresentar maior porcentagem de perdas por lixiviação. Por outro lado, partículas maiores podem não ser ingeridas por todos os indivíduos, embora a saciedade fisiológica seja alcançada rapidamente por causar distensão da musculatura do estômago ao

preencher seu volume (AZAZA et al., 2010; CARLSON, 1993; PORRINI et al., 1995).

A correta densidade de estocagem também pode colaborar com a diminuição do canibalismo (KESTEMONT et al., 2003), uma vez que afeta a interação entre os indivíduos. Dependendo da densidade essa interação pode ser benéfica ou prejudicial, de acordo com os efeitos que ela causa em cada organismo e, conseqüentemente, no grupo. Por exemplo, Grobis et al. (2013) reportaram que *Gasterosteus aculeatus*, um peixe territorialista como o jundiá, apresenta comportamento de cardume para evitar predadores e que formam grupo somente quando é necessário. Dessa forma, uma densidade muito baixa pode afetar o consumo de alimento, uma vez que o número de indivíduos não é o suficiente para que o grupo vença o medo da predação e busque alimento (PIAIA & BALDISSEROTTO, 2000).

Independente da técnica utilizada, a observação do comportamento dos peixes submetidos ao confinamento é de grande importância, pois ele é a expressão mecânica da interação dos genes com o meio (TELETCHÉA & FONTAINE, 2014) e assim pode-se verificar o quão possível é adaptar o sistema à espécie e a espécie ao sistema.

Pelo exposto, o objetivo do trabalho é avaliar o desempenho e o comportamento de larvas de jundiá criadas em duas densidades e o comportamento canibal de alevinos em lotes heterogêneos.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho e o comportamento de larvas de jundiá criadas em duas densidades e o comportamento canibal de alevinos em lotes heterogêneos.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a relação entre a taxa de crescimento específico e a área de cobertura do fundo, o desempenho e o comportamento de larvas de jundiá criadas em duas densidades.

Avaliar o ganho compensatório de alevinos após o período de larvicultura em duas densidades.

Avaliar o comportamento canibal e as interações entre alevinos de jundiá mantidos em lotes heterogêneos alimentados com diferentes tamanhos de partícula da ração.

Avaliar a relação entre a abertura da boca do maior indivíduo e a altura da cabeça do menor nas ocorrências de canibalismo.

2.2 HIPÓTESE

A área de fundo disponível para repouso afeta o desempenho de larvas de jundiá, a densidade de estocagem altera seu comportamento e o uso de partículas de ração maiores que a normalmente utilizada na alevinagem diminui a taxa de canibalismo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DENSIDADE DE ESTOCAGEM PARA O JUNDIÁ

Os estados da região sul do Brasil apresentam clima subtropical onde as estações do ano são bem definidas, com grandes variações de temperatura entre inverno e verão. Assim, as espécies de peixes cultivados devem suportar essas condições para evitar prejuízos. Diferente de algumas espécies exóticas que diminuem significativamente seu crescimento durante o inverno, o nativo jundiá (*Rhamdia quelen*) mantém o mesmo ritmo tanto em 28 quanto 18°C (FRACALLOSSI et al., 2004). Além disso, por apresentar hábito alimentar onívoro generalista na natureza (GOMIERO et al., 2007), aceita bem as rações formuladas com os mais diversos ingredientes.

É uma espécie de hábito bentônico, que permanece sobre o substrato enquanto não está se alimentando, prefere habitar poços fundos, esconde-se sob pedras e troncos durante o dia e procura alimento durante a noite (GOMES et al., 2000). Além disso, percebe-se nitidamente sua aversão à luz e comportamento territorialista (BARCELLOS et al., 2009; BEHR et al., 1999).

Várias pesquisas sobre densidade têm sido realizadas com esta espécie para encontrar a melhor relação entre taxa de crescimento e biomassa produzida (BARCELLOS et al., 2004; LAZZARI et al., 2011; MARTINELLI et al., 2013; PIAIA & BALDISSEROTTO, 2000; POUEY et al., 2011), no entanto, não há um consenso em relação ao assunto.

Lazzari et al. (2011) avaliaram, durante 120 dias, o crescimento de jundiás estocados a 4,2, 6,4, 8,6 e 10,8 kg/m³ em sistema de recirculação e relataram melhor crescimento na menor densidade (ganho diário aproximado de 1,10g/dia). Nesse estudo o peso inicial foi de 182,95 g e o número de indivíduos variou de 23 a 59 por m³. Por outro lado, Barcellos et al. (2004) acompanharam o desempenho de jundiás (10 – 15g) em tanques rede durante 80 dias nas densidades de 100, 200 e 300 alevinos por m³. Os autores verificaram melhor crescimento com 100 ind./m³ (aproximadamente 0,7g/dia), embora, ao estocar 300 indivíduos por m³ o peso inicial total atingisse 4,38 kg, valor próximo ao melhor resultado relatado por Lazzari et al. (2011).

Considerando que, quanto mais jovem, mais rápido é o ritmo de crescimento, é forçoso reconhecer que o maior número de peixes aumentou as interações entre os indivíduos e prejudicou o crescimento, uma vez que a qualidade da água se manteve adequada nos dois estudos.

Ao comparar com a tilápia (*Oreochromis niloticus*; 24,17g de peso inicial) que, quando estocada na densidade de 8,06kg/m³ em sistema de recirculação, produz uma biomassa de 36,87kg/m³ em 87 dias (ganho de 1,31g/dia; LUO et al., 2014) percebe-se que, ou o jundiá não é adequado para a piscicultura intensiva ou o manejo e os sistemas utilizados de cultivo utilizados não favorecem seu desenvolvimento.

3.2 COMPORTAMENTO ANIMAL

O comportamento pode ser entendido como a expressão mecânica da interação dos genes com o ambiente (TELETCHÉA & FONTAINE, 2014), pois de acordo com a carga genética do animal o ambiente induzirá a descarga de hormônios e irá gerar um perfil hormonal que o induzirá a ter uma determinada reação (ALMEIDA et al., 2012; CASTANHEIRA et al., 2013; MARTINS et al., 2005; TELETCHÉA & FONTAINE, 2014).

Essas reações podem favorecer sua sobrevivência ou não, de modo que é possível observar diferenças no comportamento e fenótipo de indivíduos da mesma espécie que vivem em ambientes diferentes.

Por exemplo, o comportamento “corajoso” (boldness) de procurar alimento com maior frequência pressupõe a constante flutuação dos hormônios da fome e saciedade os quais estão diretamente relacionados à maior produção de hormônio do crescimento (CONRAD et al., 2011; FLEMING et al., 2002; MARTINS et al., 2011; SILVA et al., 2010). Peixes que constantemente nadam em busca de comida ou de novos territórios são compridos e estão mais expostos à predação, por isso em ambientes com muitos predadores, os indivíduos são curtos e menos exploradores (CONRAD et al., 2011; SCHULZ & LEUCHTENBERGER, 2006).

No sistema de cultivo, o territorialismo é um comportamento dificilmente verificado em *Hippoglossus hippoglossus* e podem ser cultivados até ocuparem 100% da área de fundo (BJÖRNSSON, 1994). O mesmo não ocorre com *Clarias*

gariepinus que, ao passo que crescem, diminui o espaço livre e ficam mais próximos, aumenta a agressividade e mortalidade caso não sejam colocados refúgios (HOSSAIN et al., 1998).

Tanto a procura por refúgio quanto a mimetização da cor do substrato são comportamentos que não são verificados nas larvas recém eclodidas, pois surgem paralelamente à ontogenia como estratégias de defesa. Larvas de *H. hippoglossus* começam a apresentar pigmentação 58 dias após a eclosão e somente aos 82 dias de vida completam a metamorfose, quando, além da cor e forma assemelham-se aos adultos, deixam de ser pelágicos para tornam-se bentônicos (POWER et al., 2008).

Como as diferenças no comportamento dos peixes são associadas às diferentes respostas fisiológicas ao estresse (SILVA et al., 2010) sendo possível transmitir essas características às gerações (POTTINGER & CARRICK, 1999), pode-se, ao conhecer as mais diversas expressões comportamentais da espécie, identificar os indivíduos mais adaptados ao ambiente imposto e isso pode orientar a seleção genética para a domesticação (HUNTINGFORD, 2004; JENSEN et al., 2008; JENSEN & ANDERSSON, 2005).

3.3 CANIBALISMO

O canibalismo é o ato de alimentar-se de partes ou de todo o corpo de indivíduos da mesma espécie, independente do estágio de desenvolvimento (SMITH & REAY, 1991). É um fenômeno comum na fase larval dos peixes, especialmente em ambientes de cultivo onde eles estão impossibilitados de escapar da predação via segregação ou migração. É classificado em tipo I e II, sendo que o primeiro inicia quando as larvas apresentam tamanhos semelhantes e o canibal engole a cauda da presa e despreza a cabeça. Com a ocorrência do I, logo a larva se destaca em tamanho (o que aumenta a heterogeneidade) e inicia o canibalismo tipo II, verificado quando a presa é engolida pela cabeça (BARAS & JOBLING, 2002).

Esse comportamento é importante na natureza, pois permite que os indivíduos que possuem os genes que melhor interagem com aquela condição ambiental, cresçam rapidamente ao ingerirem os menores e isso aumenta suas chances de sobrevivência e perpetuação (SMITH & REAY, 1991). No entanto, no

ambiente de cultivo, onde o alimento é fornecido frequentemente, esse comportamento além de desnecessário é prejudicial.

Embora várias pesquisas tenham sido realizadas na tentativa de mitigar o canibalismo nos peixes que apresentam esse comportamento, nenhuma técnica é eficiente o suficiente para frear o instinto de sobrevivência. Diminuir o fotoperíodo (ADAMEK et al., 2011) e disponibilizar refúgio (QIN et al., 2004) tem apresentado um êxito relativo, porém a melhor maneira consiste em classificar e formar lotes homogêneos.

Como a principal atividade da larva é comer e evitar ser comida (RØNNESTAD et al., 2013) e a busca e captura do alimento é uma das atividades mais arriscadas, o canibal ingere a presa ao menor sinal de fome em um ambiente hostil, numa tentativa de manter-se refugiado e saciado para retardar ao máximo a próxima refeição (ADAMEK et al., 2011; LIN et al., 2000; SCHULZ & LEUCHTENBERGER, 2006).

Partículas de ração muito pequenas também podem tornar o canibalismo energeticamente mais viável. Azaza et al. (2010) relatam que com o tamanho de partícula adequado, pode-se diminuir a heterogeneidade do lote. Partículas muito pequenas em relação ao tamanho da boca do peixe aumentam o gasto energético para capturar a quantidade necessária para a saciedade fisiológica, além de apresentar maior porcentagem de perdas por lixiviação. Por outro lado, partículas maiores podem não ser ingeridas por todos os indivíduos, embora a saciedade fisiológica seja alcançada rapidamente por causar distensão da musculatura do estômago ao preencher seu volume (AZAZA et al., 2010; CARLSON, 1993; PORRINI et al., 1995). Assim, presume-se que a ingestão de partículas que ocupem o maior volume possível no estômago, pode diminuir o canibalismo em lotes oriundos de reprodutores não selecionados.

3.4 DOMESTICAÇÃO

Com a domesticação dos animais e plantas o homem deixou de ser um nômade coletor/caçador para estabelecer território e tornar-se fazendeiro. A razão que motivou os humanos de aproximadamente 12.000 anos atrás a colocar os animais em cativeiro permanece desconhecida, uma vez que isso resultou em mais trabalho, pior condição nutricional, diminuição da estatura e maior carga de

doenças (ALVARD & KUZNAR, 2001; DIAMOND, 2002). No entanto, foi o constante suprimento de alimento que possibilitou o aumento da população e o surgimento das primeiras civilizações (ALVARD & KUZNAR, 2001; DIAMOND, 2002; LIAO & HUANG, 2000; TELETCHER & FONTAINE, 2014).

Naquele período, sem a disponibilidade de tecnologia, a única ferramenta empregada na domesticação foi a observação do comportamento dos animais, o que permitiu a separação dos agressivos, medrosos e mansos (HUANG et al., 2015).

Com o passar do tempo, a manutenção e reprodução não controlada dos mansos em cativeiro, induziu à seleção natural dos mais adaptados às novas condições, o que causou profundas alterações morfo-fisiológicas, distanciando cada vez mais o genótipo, mas principalmente o fenótipo, dos ancestrais selvagens. Assim obtiveram-se os animais domésticos conhecidos atualmente, observando e excluindo os indivíduos menos aptos a conviver com homem (CLUTTON-BROCK, 1992; ZEDER, 2006).

Naturalmente, os primeiros animais domesticados eram mamíferos, uma vez que, por conviverem no mesmo ambiente, podiam ser observados. Por outro lado, o ambiente aquático era hostil e considerado algo a ser temido, além de que as pessoas estariam lidando com organismos muito diferentes dos seus e com um ambiente sobre o qual eram totalmente ignorantes. Dessa forma, a domesticação dos peixes somente iniciou há cerca de 3.000 anos, no Egito, onde algum tipo de controle sobre a reprodução de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) era realizado em tanques de irrigação (LIAO & HUANG, 2000).

Atualmente, embora várias espécies de peixes sejam cultivadas, um número muito pequeno é domesticado, visto que constantemente são utilizados animais selvagens nos programas de reprodução (TELETCHER & FONTAINE, 2014) o que dificulta a formação de linhagens adaptadas ao confinamento (LORENZEN et al., 2012).

Além disso, devido aos peixes não oferecerem risco à integridade física do homem como os mamíferos e pela observação de seu comportamento ser dificultada, os indivíduos agressivos, medrosos e mansos se perpetuam formando lotes com nítidas hierarquias sociais e disparidade no crescimento (IMSLAND et al., 2009; LIAO & HUANG, 2000).

Dentre os caracteres avaliados para considerar uma espécie domesticada está a mudança de comportamento em relação aos selvagens (BALON, 1995), podendo, alguns, serem intensificados, diminuídos ou até abolidos quando em cativeiro (LIAO & HUANG, 2000). A redução do medo de humanos, de comportamentos anti-predação e a menor motivação para procurar alimento são características desejáveis, uma vez que há um substancial custo metabólico para mantê-las (HUNTINGFORD et al., 2012).

Jensen et al. (2008) relatam que a domesticação mudou vários comportamentos dos animais como, por exemplo, das raposas prateadas (*Vulpes vulpes*). Quando em estado selvagem, a maioria desses animais apresenta comportamento agressivo contra o homem, no entanto, foram identificados alguns indivíduos menos agressivos. Com a reprodução desses animais, ao passar das gerações, passou-se a ter indivíduos que ativamente procuravam ter contato com o homem, mostrando um comportamento semelhante ao de um cão. Além disso, ocorreram mudanças no padrão hormonal da nova linhagem, apresentando níveis mais elevados de serotonina e de hormônios sexuais, de modo que as fêmeas passaram a ser poliétricas anuais, diferente das selvagens que continuaram monoétricas estacionais.

Nesse sentido, Mousseau & Fox (1998) descrevem o quanto a prole sofre os efeitos do ambiente no qual a mãe se desenvolveu. Seu organismo, devido a todos os processos fisiológicos desencadeados pelo ambiente, transmite à prole as características necessárias à sobrevivência (ex. quantidade de vitelo, carga hormonal, mRNA).

Dessa forma, a manutenção e reprodução dos peixes em cativeiro permite que, a cada geração, apareçam indivíduos mais adaptados às condições impostas, possibilitando a fixação de linhagens com as características desejadas.

4 CAPÍTULO 1

DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE LARVAS DE JUNDIÁ,

Rhamdia quelen, **CRIADAS EM DUAS DENSIDADES**

4.1 INTRODUÇÃO

A larvicultura é sem dúvida a fase mais crítica no cultivo de peixes, pois logo ao nascer o organismo da larva não está completamente formado (PITTMAN et al., 2013). Nesse período, paralelamente à ontogenia, surgem modificações comportamentais como estratégias de defesa (COLE & NOAKES, 1980).

A agressividade (SAKAKURA, 2006), a procura por ambientes escuros (KAWAMURA & ISHIDA, 1985) e a mimetização da cor do substrato são comportamentos que não são verificados nas larvas recém eclodidas. Larvas de *Hippoglossus hippoglossus* começam a apresentar pigmentação 58 dias após a eclosão e somente aos 82 dias de vida completam a metamorfose, quando, além da cor e forma assemelham-se aos adultos, deixam de ser pelágicos para tornam-se bentônicos (POWER et al., 2008).

Desvios de comportamento são comuns nas elevadas densidades em decorrência da maior frequência de contato entre os indivíduos (WOCHER et al., 2011). Embora exista correlação negativa entre a taxa de lotação e desempenho (BOLASINA et al., 2006b; IRWIN et al., 1999), elevadas densidades de estocagem são praticadas na larvicultura com vista na alta taxa de mortalidade que ocorre nesta fase.

O grande número de indivíduos disputando espaço e alimento gera um ambiente de conflitos e de interações agonísticas que diminuem o consumo e o desempenho, como consequência de descargas hormonais (JØRGENSEN et al., 1993; UGLEM et al., 2009). Como o período da larvicultura é relativamente curto em relação ao tempo total de cultivo, o retardo no crescimento neste período é desconsiderado.

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um Siluriforme territorialista adaptado ao clima subtropical e que apresenta boas características para cultivo (FRACALOSSO et al., 2004; GOMES et al., 2000). Por isso várias pesquisas sobre densidade têm sido realizadas com esta espécie para encontrar a melhor relação entre taxa de crescimento e biomassa produzida (BARCELLOS et al., 2004; LAZZARI et al., 2011; MARTINELLI et al., 2013; PIAIA & BALDISSEROTTO, 2000; POUEY et al., 2011). No entanto, não há consenso sobre o assunto e um dos prováveis motivos é o fato de ser desconsiderado o hábito bentônico da espécie.

Estudos com *H. hippoglossus* (BJÖRNSSON, 1994) e *Scophthalmus maximus* (IRWIN et al., 1999) mostram que o uso da área é mais apropriado que o volume devido a esses peixes de hábito bentônico necessitarem estar repousados sobre alguma superfície. Björnsson (1994) relata que nas densidades elevadas, quando a área de fundo estava totalmente coberta por peixes, os restantes permaneciam nadando sobre os repousados. Isto aumenta o gasto energético e as interações agonísticas porque quando os peixes que estão nadando ficam cansados, eles brigam por um lugar no fundo e outros peixes permanecem nadando até cansarem também, o que diminui o desempenho do grupo.

Tanto as relações positivas quanto negativas entre desempenho e densidade de estocagem são espécie específica (IRWIN et al., 1999), o que impede a simples transposição de valores entre espécies mesmo dentro da mesma ordem, pois o comportamento social é diferente e, portanto, o desempenho também (BARCELLOS et al., 2009; HOSSAIN et al., 1998; TRAJANO, 1991; VALENTINČIČ & CAPRIO, 1994).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho, o comportamento, a relação entre taxa de crescimento específico e cobertura de fundo do tanque e o ganho compensatório de larvas de jundiá criadas em duas densidades de estocagem.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas, estando registrada sob nº 23110.004309/2014-31.

4.2.1 Experimento 1 – Desempenho e comportamento

4.2.1.1 Larvas

As larvas foram obtidas por reprodução induzida realizada no Laboratório de Ictiologia da Universidade Federal de Pelotas, Brasil. Quatro dias após eclosão (momento da abertura da boca em água a 22°C), 2.500 larvas de jundiá com $1,12 \pm 0,08$ mg e $3,72 \pm 0,19$ mm foram aleatoriamente coletadas.

4.2.1.2 Instalações

Dez bandejas plásticas com o fundo telado (200 μm) e dimensões de 190 x 275 x 70 mm (C x L x A) foram submersas 40 mm em dez aquários de vidro de 40 litros (300 x 500 x 270 mm, C x L x A). Estes aquários estavam conectados em um sistema de recirculação de água com um reservatório (500 L) e um filtro biológico (350 L).

A água entrava pela parte superior das bandejas e a saía pela parte inferior dos aquários e semanalmente a vazão era ajustada para manter a mesma qualidade da água em todos os aquários.

A temperatura foi aferida diariamente pela manhã e à tarde ($24,8 \pm 2,3$ °C) e o oxigênio dissolvido ($6,16 \pm 0,72$ ppm), pH ($7,50 \pm 0,00$), amônia ($0,14 \pm 0,11$ ppm) e nitrito ($0,01 \pm 0,01$ ppm) semanalmente.

O fotoperíodo natural foi mantido em aproximadamente 13 h de luz no início e 14 h no final do experimento com incidência indireta sobre os aquários.

Dois tipos de refúgios foram disponibilizados em cada bandeja: placas de filtro de aquário sendo uma com 60 x 60 x 15 mm e outra com 60 x 140 x 15 mm (C x L x A) e uma mangueira plástica preto fosco com 100 mm de comprimento e uma polegada de diâmetro.

4.2.1.3 Densidades

Duas densidades foram avaliadas: D100: cem larvas por bandeja, equivalente a 1913 larvas/m² e D400: quatrocentas larvas por bandeja, equivalente a 7655 larvas/m². A menor densidade foi igual a utilizada por Lazzari et al. (2005) e a maior foi quatro vezes mais.

A pesquisa foi composta por duas partes com quatro semanas. Ao final da primeira parte, 28º dia, todas as larvas foram contadas e as densidades foram ajustadas com base na sobrevivência de modo a manter a diferença de quatro vezes entre os tratamentos. Como a sobrevivência foi cerca de 50%, as novas densidades foram ajustadas para 50 e 200 larvas por bandeja para os tratamentos D100 e D400, respectivamente.

4.2.1.4 Alimentação

A alimentação foi fornecida à vontade dez vezes por dia em intervalos de 2 h, manualmente das 08:00 às 18:00 h e com alimentadores automáticos (Boyu ZW-82) das 20:00 às 02:00 h.

Nas primeiras duas semanas, foi utilizada uma ração à base de fígado bovino e levedura de cana (CARDOSO et al., 2004) com partículas entre 200 – 400 µm e nas próximas semanas foi ofertada uma ração comercial triturada (42% proteína bruta, 3600 kcal/kg ED) com tamanhos de partículas entre 400 – 600 µm.

4.2.1.5 Manejo

Diariamente as bandejas sujas eram substituídas por limpas. Dez larvas de cada bandeja foram amostradas para aferição do peso e comprimento total aos 7, 14, 21 e 42 dias. Aos 28 dias todas as larvas foram contabilizadas e 20 larvas por bandeja foram medidas e, após esse dia, as larvas mortas foram contadas. No 56º dia todas as larvas foram contadas e medidas individualmente.

As larvas amostradas nos dias 7 e 14 não retornaram às bandejas devido à elevada probabilidade de morte.

4.2.1.6 Parâmetros de desempenho

A partir do peso (P, mg) e comprimento total (CT, mm) foram calculados:

GPp, % = porcentagem do ganho em peso no período entre duas biometrias consecutivas;

GCTp, % = porcentagem de ganho no comprimento total no período entre duas biometrias consecutivas;

FC = fator de condição de Fulton = $(100 \times P / CT^3)$;

TCE, %/dia = taxa de crescimento específico entre o início do experimento e o dia da biometria = $(100 \times [(\ln(P_f) - \ln(P_i)) / t])$ onde P_f é o peso final, P_i é o peso inicial e t são os dias de cultivo;

TCEp, %/dia = taxa de crescimento específico no período entre duas biometrias consecutivas;

S, % = sobrevivência;

CFT, % = porcentagem do fundo do tanque coberto por larvas $(100 \times [CT^2 \times \text{número de larvas}] / \text{área do fundo da bandeja})$.

A área individual das larvas foi calculada com base nas observações de que elas mantinham normalmente, umas das outras, a distância equivalente a um barbilhão. Como cada barbilhão apresentava aproximadamente a metade do CT, quando os dois estavam perpendiculares ao corpo, chegava-se ao valor do CT.

4.2.1.7 Avaliações comportamentais

No período da manhã foram realizadas as observações de comportamento com duração de 10 minutos por aquário. Para avaliar a agitação durante a alimentação (ADA) foram utilizados escores sendo 0 (zero) = ausência; 1 = baixa; 3 = média e 5 = alta. Este comportamento era verificado na primeira alimentação do dia (08:00) em todos os aquários antes das demais observações a fim de evitar que o último aquário recebesse a ração tardiamente.

Para avaliar a idade em que iniciou a 'procura por refúgios' e as 'brigas', foi atribuído o valor 1 ou 0 (zero) para cada aquário indicando a ocorrência ou não do comportamento naquele dia. A fim de evitar interferências nas demais observações e a casualidade da presença das larvas nos refúgios, esse comportamento era verificado ao final da contagem do tempo, quando uma lâmpada era acesa para avaliar a tentativa das larvas retornarem para baixo das grades ou para dentro da mangueira, após um lento deslocamento dos refúgios.

A partir da primeira ocorrência de canibalismo tipo II passou-se a observar e retirar as larvas potencialmente canibais considerando seu maior tamanho. Apesar de se estar avaliando o comportamento, com base em experiências anteriores, este manejo foi julgado necessário para aumentar a sobrevivência.

Os dados de 'procura por refúgio' e 'brigas' são apresentados na forma de curva de acumulação, em porcentagem de ocorrência diária acumulada (ODA, %) onde:

$ODA, \% = 100 \times (NAOn + NAO_r) / n^\circ \text{ total de aquários observados, onde:}$

$NAOn = n^\circ \text{ de aquários com ocorrências novas no dia e } NAO_r = n^\circ \text{ de aquários com ocorrências já registradas.}$

Os valores da ADA são apresentados como as médias dos escores em intervalos de sete dias.

Todos os dados comportamentais serão mencionados referindo-se aos dias de experimento e não aos dias pós-eclosão (dpe). Para converter os dias de

experimento para dias pós-eclosão, deve-se acrescentar 4 dias, visto que as larvas utilizadas tinham 4 dias de vida.

4.2.1.8 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e cinco repetições. As médias foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e as diferenças foram consideradas significativas quando verificado $P < 0,05$ na análise de variância (ANOVA). Essas análises e a correlação de Pearson entre TCE e CFT foram realizadas com auxílio do programa SPSS 8.0 para Windows. Já a regressão não linear entre TCE e CFT foi realizada utilizando o pacote estatístico R. Todos os dados são apresentados como $\text{media} \pm \text{erro padrão}$, exceto os de ODA que são representados graficamente para verificação da evolução.

4.2.2 Experimento 2 – Ganho compensatório

4.2.2.1 Animais e tratamentos

Para formar as unidades experimentais os 40 indivíduos com peso mais próximo da média final encontrada no D100 foram selecionados. Outros 40 indivíduos do D400 com peso mais próximo da média dos retirados do D100 também foram selecionados. Assim foram formados os tratamentos, a partir dos alevinos selecionados do D100 e D400, os quais pesavam 666 ± 66 mg e 630 ± 33 mg, respectivamente.

4.2.2.2 Instalações

Os alevinos de cada tratamento foram separados em grupos de 10 e foram mantidos em caixas retangulares de 160L (40 × 80 × 50 cm; L × C × A) conectadas a um sistema de recirculação por um período de 45 dias.

4.2.2.3 Manejo alimentar

A alimentação consistia no fornecimento de ração comercial (42% proteína bruta, 3.600 kcal/kg ED) seis vezes ao dia (8:00, 12:00, 16:00, 20:00, 00:00 e 4:00) na proporção de 6% da biomassa sendo regulada semanalmente. No período diurno a ração foi ofertada manualmente e no período noturno por alimentadores automáticos (BOYU ZW-82).

4.2.2.4 Qualidade da água

A temperatura da água ($23,32 \pm 1,21^{\circ}\text{C}$) e o oxigênio dissolvido ($7,23 \pm 1,02$ mg/L) eram aferidos diariamente pela manhã e tarde com uso de oxímetro digital. Já a avaliação da amônia ($0,11 \pm 0,10$ ppm), nitrito ($0,01 \pm 0,00$ ppm) e pH ($7,5 \pm 0,0$) foi realizada semanalmente com uso de kits colorimétricos.

4.2.2.5 Avaliações

A cada 15 dias era aferido o peso (P, mg) e o comprimento total (CT, mm) de todos indivíduos para acompanhamento do crescimento. Com base nos dados coletados foi calculado o ganho em peso de cada quinzena (GP, mg) e a conversão alimentar aparente (CAA) final considerando que:

$GP = P_{av} - P_b$ onde:

P_{av} = Peso médio na biometria avaliada e P_b = Peso médio na biometria anterior;

$CAA = CR / (B_f - B_i)$ onde:

CR = consumo total de ração (mg); B_f = biomassa ao final do teste e B_i = biomassa no início do teste.

4.2.2.6 Análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado com 2 tratamentos e 4 repetições. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e análise de variância (ANOVA) utilizando o programa estatístico SPSS 8.0 para Windows, sendo considerado significativo quando $P < 0,05$.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Desempenho

Durante a primeira semana, somente CT e GCTp foram afetados pelas densidades (Tabela 1; $P < 0,05$). O CT das larvas do D100 foi 7,82 mm enquanto que no D400 foi 7,34 mm o que significa um incremento de 110,21 e 97,31%, respectivamente.

Aos 14 dias, as larvas do D400 mostraram menor peso e FC causado por uma drástica diminuição no GPp, TCE e TCEp (Tabela 1; $P < 0,05$), mas CT e GCTp foram equivalentes nas duas densidades ($P > 0,05$). Entre a primeira e segunda semana, GPp foi 77,79% para D100 e apenas 8,79% para D400.

Tabela 1 - Desempenho de larvas de jundiá criadas nas densidades de 1913/m² (D100) e 7655/m² (D400) do 7º ao 21º dia.

Variáveis ¹	7 dias		14 dias		21 dias	
	D100	D400	D100	D400	D100	D400
P, mg	4,5 ± 0,3	4,0 ± 0,3	8,2 ± 1,1 ^a	4,4 ± 0,6 ^b	37,6 ± 1,0 ^a	17,3 ± 1,8 ^b
CT, mm	7,8 ± 0,0 ^a	7,3 ± 0,1 ^b	10,3 ± 0,2	9,2 ± 0,1	17,9 ± 0,2 ^a	12,0 ± 0,5 ^b
FC	0,9 ± 0,0	1,0 ± 0,0	0,7 ± 0,0 ^a	0,5 ± 0,0 ^b	0,6 ± 0,0 ^b	0,9 ± 0,1 ^a
TCE, %/dia	19,5 ± 0,9	17,6 ± 1,1	13,7 ± 1,0 ^a	9,3 ± 0,9 ^b	16,5 ± 0,1 ^a	12,8 ± 0,5 ^b
GPp, %	296,9 ± 27,1	248,8 ± 29,8	77,7 ± 14,2 ^a	8,7 ± 7,4 ^b	388,5 ± 60,3	303,5 ± 38,4
GCTp, %	110,2 ± 2,6 ^a	97,3 ± 4,7 ^b	31,6 ± 2,4	26,6 ± 2,8	74,3 ± 1,9 ^a	29,7 ± 5,9 ^b
TCEp, %/dia	-	-	8,0 ± 1,1 ^a	1,0 ± 0,9 ^b	22,2 ± 1,8	19,6 ± 1,3

¹ P = peso; CT = comprimento total; FC = fator de condição; TCE = taxa de crescimento específico; GPp = ganho em peso no período entre duas biometrias consecutivas; GCTp = ganho em comprimento total no período entre duas biometrias consecutivas; TCEp = taxa de crescimento específico no período entre duas biometrias consecutivas.

Nota: Cada valor representa a média ± S.E.M. (n = 10). Em cada dia de medição, os valores na mesma linha com diferentes letras são diferentes significativamente ($P < 0.05$) pela ANOVA.

Na terceira semana as larvas do D100 apresentaram maior peso que as do D400 (Tabela 1; $P < 0,05$). A D100 também promoveu maior CT e GCTp que D400 ($P < 0,05$), embora o GPp e TCEp tenham sido semelhantes entre os tratamentos ($P > 0,05$).

Tabela 2 – Desempenho de larvas de jundiá criadas nas densidades de 1.913/m² (D100) e 7.655/m² (D400) do 28º ao 56º dia.

Variáveis ¹	28 dias		42 dias		56 dias	
	D100	D400	D100	D400	D100	D400
P, mg	75,9±2,1 ^a	51,2±3,9 ^b	245,3±13,3 ^a	175,5 ± 21,7 ^b	607,1 ± 24,6 ^a	465,4 ± 16,3 ^b
CT, mm	19,6±0,2 ^a	17,4±0,4 ^b	28,3±0,2 ^a	26,2±0,8 ^b	39,3±0,6	37,1±0,7
FC	1,0±0,0	0,9±0,0	1,0±0,0	0,9±0,0	1,0±0,0 ^a	0,9±0,0 ^b
TCE, %/dia	14,9±0,2 ^a	13,5±0,6 ^b	12,7±0,1 ^a	11,9±0,2 ^b	11,1±0,0 ^a	10,7±0,0 ^b
GPp, %	102,1±4,9 ^b	200,2±12,6 ^a	220,3±10,6	230,6±56,3	148,2±6,0	178,1±36,0
GCTp, %	9,6±2,0 ^b	45,1±3,2 ^a	44,0±1,0	47,9±8,0	38,7±2,0	42,4±6,4
TCEp, %/dia	10,0±0,8 ^b	15,6±1,3 ^a	8,3±0,2	8,2±1,2	6,4±0,1	7,1±0,9
S, %	54,8±2,2	49,1±3,9	94,5±1,7	95,7±1,1	89,5±2,6	85,8±1,1

¹ P = peso; CT = comprimento total; FC = fator de condição; TCE = taxa de crescimento específico; GPp = ganho em peso no período entre duas biometrias consecutivas; GCTp = ganho em comprimento total no período entre duas biometrias consecutivas; TCEp = taxa de crescimento específico no período entre duas biometrias consecutivas; S = sobrevivência.

Nota: Cada valor representa a média ± S.E.M. (n = 10). Em cada dia de medição, os valores na mesma linha com diferentes letras são diferentes significativamente ($P < 0.05$) pela ANOVA.

Aos 28 dias as larvas do D100 mantiveram maior peso e CT que D400 (Tabela 2; $P > 0,05$), entretanto, GPp, GCTp e TCEp foram maiores em D400 ($P < 0,05$).

Aos 42 dias o peso, CT e TCE do D100 foram maiores que D400 ($P < 0,05$) enquanto GPp, GCTp, FC e TCEp não diferiram (Tabela 2; $P > 0,05$).

Ao final da oitava semana, peso, FC e TCE do D100 foram maiores que D400 ($P < 0,05$). Por outro lado, CT, GCTp, GPp e TCEp não diferiram entre as densidades testadas (Tabela 2; $P > 0,05$).

A sobrevivência não diferiu entre as densidades nos períodos avaliados ($P > 0,05$).

A TCE e CFT apresentaram correlação negativa ($r^2 = -0,709$; $P = 0,049$) e a regressão não linear indicou um ponto de quebra de 75,62% da CFT na qual a TCE é afetada negativamente (Figura 1).

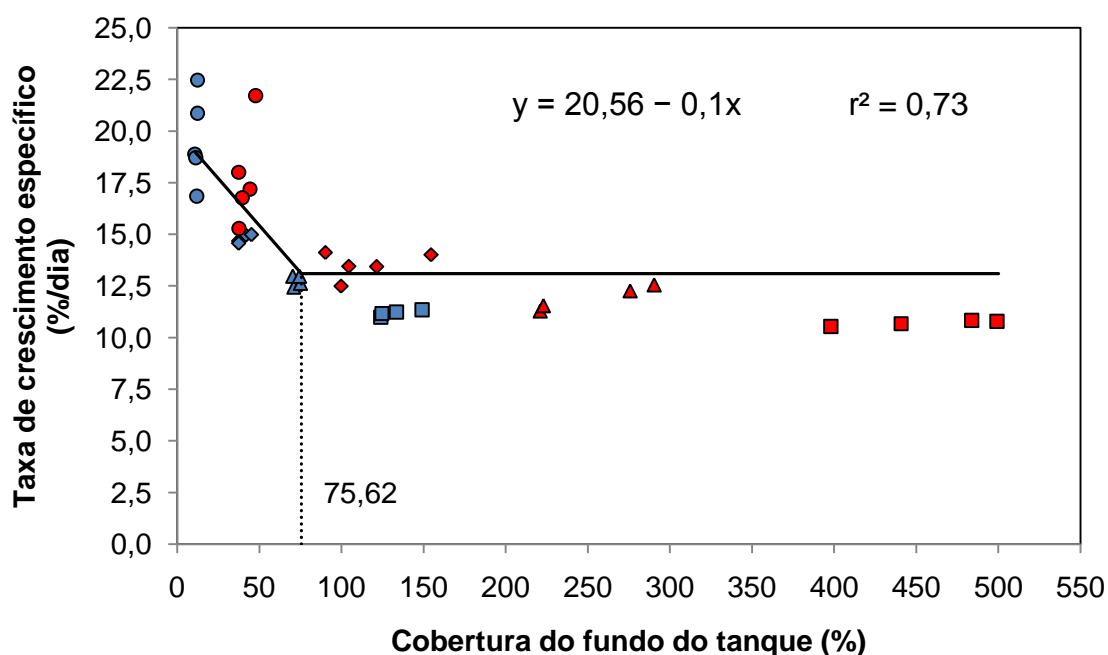


Figura 1 – Gráfico platô da relação entre a cobertura do fundo do tanque (CFT) e a taxa de crescimento específico (TCE) de larvas de jundiá criadas em duas densidades (D100=1913/m² e D400=7655/m²). Os círculos, losangos, triângulos e quadrados representam os dados aos 7, 28, 42 e 56 dias, respectivamente. Marcadores em azul e vermelho indicam os tratamentos D100 e D400, respectivamente.

4.3.2 Comportamento

Diferentes padrões de comportamento foram verificados nas densidades avaliadas, principalmente na ocorrência de brigas. As disputas iniciaram a partir do 3º dia de experimento no tratamento D100 e no 5º dia no D400 (Figura 2). Apesar disso, esse comportamento foi verificado em todas as unidades experimentais a partir do 9º dia no D400 e somente no 30º dia no D100.

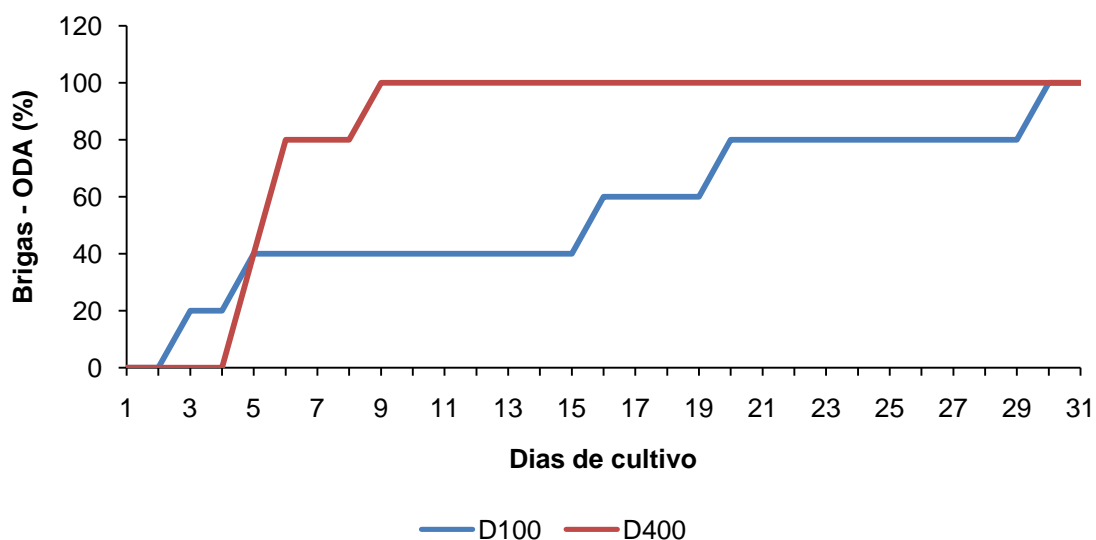


Figura 2 - Ocorrência acumulada de brigas nas unidades experimentais em função da densidade de estocagem (D100=1913/m² e D400=7655/m²).

As larvas do D400 começaram a procurar refúgio a partir do 9º dia de experimento. Já as larvas do D100 o aparecimento desse comportamento ocorreu 3 dias mais tarde (Figura 3).

A partir do 15º dia todas as unidades experimentais apresentavam indivíduos sensíveis à luz.

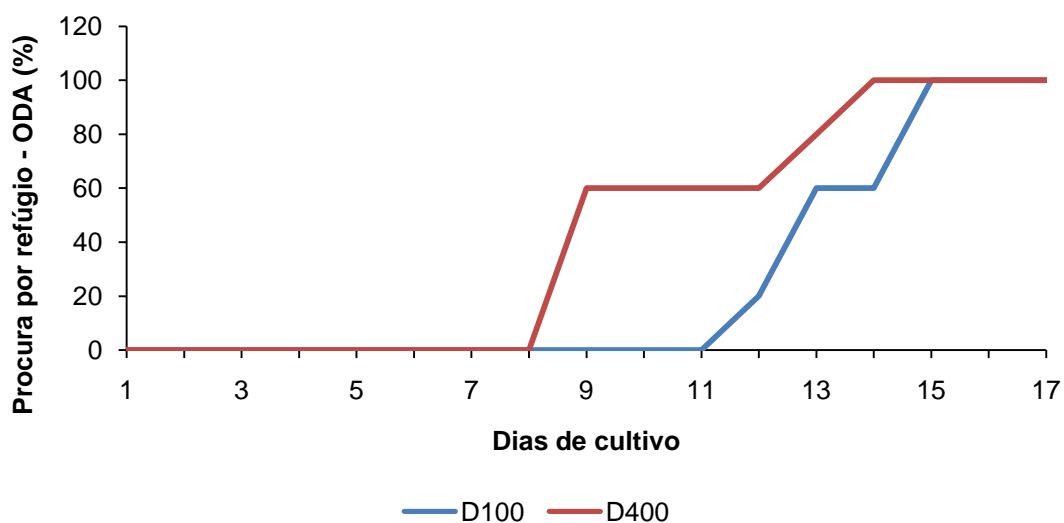


Figura 3 – Ocorrência diária acumulada (ODA) de aquários em que era visualizada a 'procura por refúgio' em função das densidades de estocagem testadas (D100=1913/m² e D400=7655/m²).

A intensidade da ADA apresentou diferentes padrões em função das densidades testadas (Figura 4). Embora todas tenham apresentado diminuição da agitação com o passar do tempo, as larvas do D400 permaneceram mais agitadas que as do D100 desde o 7º dia até o final do teste.

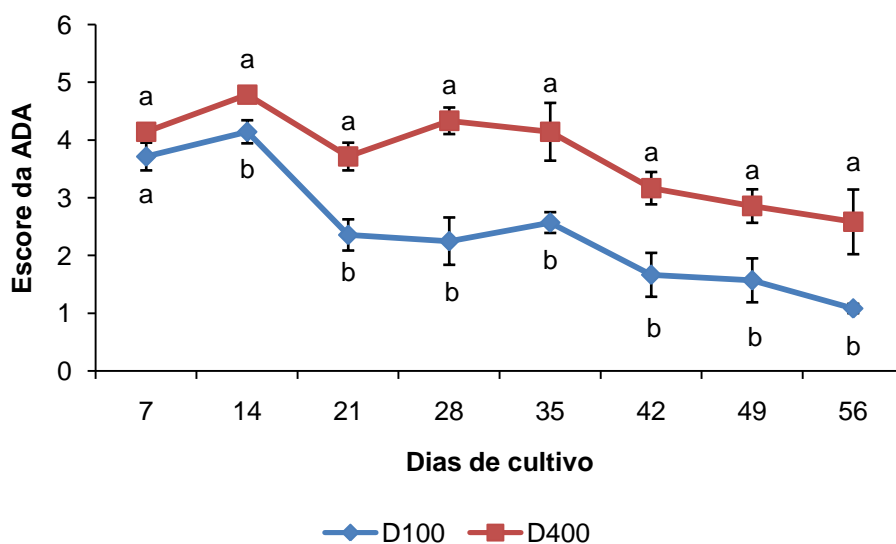


Figura 4 – Representação gráfica da agitação durante a alimentação (ADA) de larvas de jundiá criadas em duas densidades (D100=1913/m² e D400=7655/m²). Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pela ANOVA.

4.3.3 Ganho compensatório

Não foram verificadas diferenças estatísticas ($P > 0,05$) no peso, CT, GP e CAA dos alevinos dos tratamentos D100 e D400. Os dados estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 5.

Tabela 3 – Crescimento de alevinos de jundiá cultivados sob as mesmas condições após serem mantidos por um período de 56 dias nas densidades de $1913/m^3$ (D100) e $7655/m^3$ (D400).

Dia da avaliação	Tratamentos					
	D100			D400		
	Peso (mg)	CT (mm)	GP	Peso (mg)	CT (mm)	GP
0	666 ± 66	41 ± 0,5		630 ± 33	41 ± 0,4	
15	1755 ± 149	56 ± 1,0	1088 ± 119	1679 ± 20	55 ± 0,3	1048 ± 15
30	3377 ± 274	69 ± 1,1	2711 ± 241	3402 ± 141	69 ± 0,8	2771 ± 132
45	4117 ± 308	76 ± 1,2	3451 ± 282	4341 ± 168	77 ± 0,8	3710 ± 153

Nota: CT= comprimento total; GP= ganho em peso no período

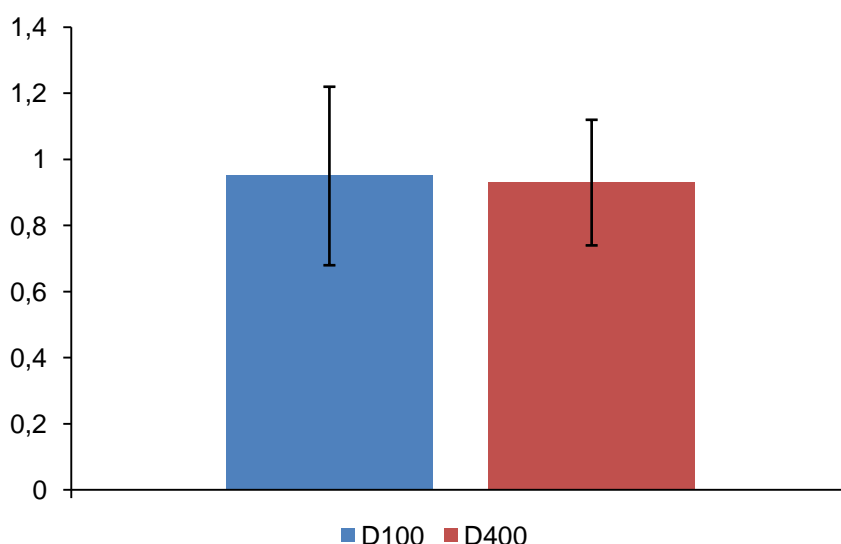


Figura 5 – Conversão alimentar de alevinos de jundiá cultivados 45 dias sob as mesmas condições após serem mantidos por um período de 56 dias nas densidades de $1913/m^3$ (D100) e $7655/m^3$ (D400).

4.4 DISCUSSÃO

Bolasina et al. (2006) reportam que *Paralichthys olivaceus* expostos à elevada densidade apresentaram maior atividade natatória e elevado nível de cortisol plasmático.

A atividade natatória estimula o aumento do comprimento do peixe e melhora seu desempenho natatório (MÜLLER, 2008) o que, conforme Ward e Krause (2001) está associado ao escape de ambientes desfavoráveis e sua dispersão no ambiente. Já o cortisol tem um importante papel na ontogenia larval, pois potencializa os efeitos dos hormônios tireoidianos sobre a metamorfose (POWER et al., 2008; YAMANO et al., 1991).

Considerando que, provavelmente, a maior agitação durante a alimentação no D400 foi devido ao maior gasto energético resultante das constantes brigas que aos 9 dias já ocorriam em 100% das unidades experimentais do D400 (Figura 2), o peso das larvas permaneceu inalterado entre os 7 e 14 dias (Figura 6) porque o desenvolvimento do comprimento foi estimulado pela maior atividade natatória e reações orgânicas desencadeadas pelo cortisol.

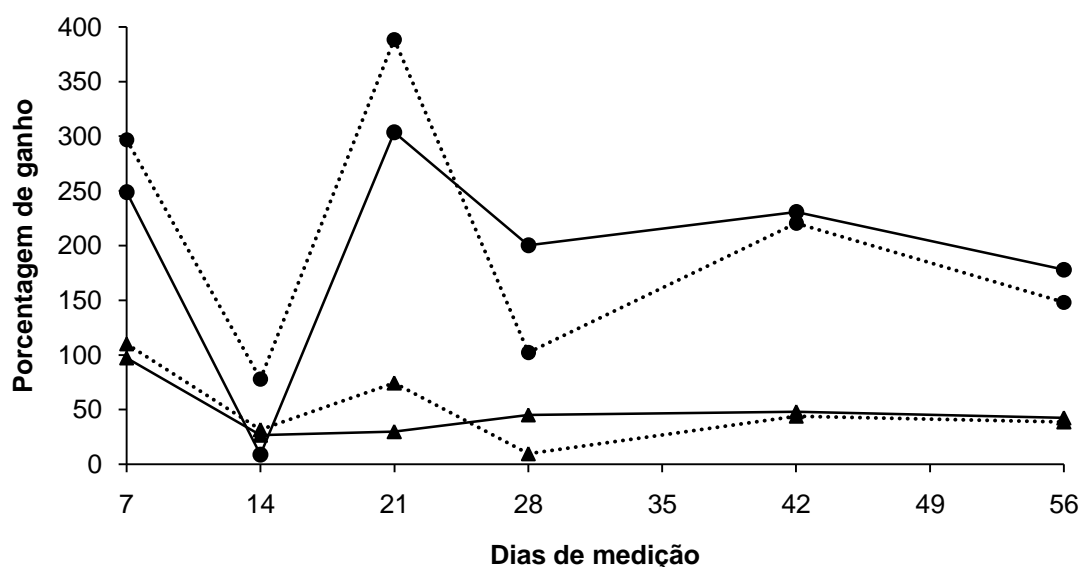


Figura 6 – Mudanças no padrão de desenvolvimento de larvas de jundiá criadas em duas densidades (D100: 1913 larvas/m² e D400: 7655 larvas/m²). As linhas pontilhadas e contínuas representam D100 e D400, respectivamente; ● peso; ▲ comprimento.

Variações na TCE foram observadas ao longo do estudo, mas a menor taxa de crescimento (expressa como GPp) foi aos 14 dias em ambas densidades. Isso

pode estar relacionado com a metamorfose, pois Parma et al. (2013) relataram que larvas de *Solea solea* alimentadas somente com ração mostraram similar flutuação na TCE e o primeiro estágio da metamorfose coincidiu com o primeiro período de baixo desempenho. Diemer et al. (2012) forneceram *Artemia* sp. para larvas de jundiá durante 5, 10, 15 ou 20 dias com subsequente suprimento de ração até completar 30 dias. Os autores relataram que o peso, comprimento e sobrevivência foram maiores quando o alimento vivo foi suprido tanto por 15 quanto por 20 dias antes de iniciar o fornecimento de ração. Isto pode indicar um período crítico de 15 dias os quais correspondem à menor porcentagem de ganho em peso para ambos os tratamentos no presente estudo. Além disso, dos 14 aos 21 dias a porcentagem de ganho de peso (GPp) foi mais pronunciada que o comprimento (GCTp) nas duas densidades, o que indica que a ontogenia dos órgãos internos foi priorizada neste período (ver Yamano et al., 1991). Este fato pode ser verificado também pelas variações no FC até a terceira semana.

Essas alterações na taxa de crescimento são características da fase larval. Pittman et al. (2013) afirmam que a cascata de processos da metamorfose é sensível à intensidade luminosa, qualidade da água, dieta, temperatura e um vasto conjunto de outros fatores. Além disso, esse é um período de estresse metabólico que enzimas, células, tecidos e órgãos estão em pleno desenvolvimento (PARMA et al., 2013; PITTMAN et al., 2013; RØNNESTAD et al., 2013; YAMADA et al., 2011; YAMANO et al., 1991).

A partir dos 14 dias as larvas do D100 apresentaram maior peso em função da maior TCEp. Este fato repercutiu até o fim do experimento e indica um período crítico em que a redução na taxa de crescimento não é recuperada quando mantidas as condições de cultivo, pois nas avaliações subsequentes não houve diferença entre a TCEp das densidades exceto aos 28 dias quando D400 foi superior, porém insuficiente para igualar os pesos. Dessa forma, embora as larvas estivessem expostas à elevada densidade desde muito cedo (4 dias pós eclosão) o organismo não se adaptou a essa condição de cultivo.

Assim, D100 resultou em maior peso durante todo o experimento e embora o padrão de crescimento das larvas tenha sido modificado pelas densidades (Figura 2), o CT foi similar entre elas ao final da pesquisa.

Em um estudo realizado para avaliar o ganho compensatório de *Sparus aurata*, Bavčević et al. (2010) explicam que o peixe recuperou o peso, mas não o comprimento após a restrição alimentar, por isso levaria mais tempo para chegar ao tamanho de comercialização.

Considerando que o organismo pode ser conceitualmente separado em duas partes: estrutural e de reserva de energia, onde o primeiro apenas cresce e não pode ser metabolizado (comprimento) enquanto o último muda com a abundância ou escassez de alimento (peso; NISBET et al., 2000), as larvas da maior densidade poderiam recuperar o peso corporal quando em condições favoráveis. No entanto, isso não foi verificado quando os peixes foram colocados nas mesmas condições, uma vez que mantiveram sempre os mesmos ganhos (Tabela 3) no período de 45 dias.

Ao considerar que em densidade elevada os peixes apresentam níveis elevados de cortisol (BARCELLOS et al., 2004), esperava-se que ao cessar a fonte estressora, o metabolismo funcionasse de modo a utilizar os nutrientes absorvidos mais adequadamente.

Estudos sobre ganho compensatório são realizados normalmente intercalando períodos de privação alimentar com subsequente realimentação, o que provoca uma hiperfagia e melhor eficiência alimentar (GAYLORD & GATLIN III, 2001) podendo os resultados ser afetados pela hierarquia social (HAYWARD et al., 2000), nível proteico e energético da ração (GAYLORD & GATLIN III, 2001; SEVGILI et al., 2012) e espécie (BAVČEVIĆ et al., 2010; GAYLORD & GATLIN III, 2001; HAYWARD et al., 2000).

Isso indica que manter as larvas de jundiá em elevada densidade, seja para garantir uma sobrevivência mínima ao final da larvicultura, seja pela falta de espaço, acarreta perdas que não são recuperadas, pelo menos no prazo de 45 dias.

Embora a maior TCEp aos 21 dias indique que o organismo das larvas passou pelo período crítico e estariam mais preparadas para digerir, absorver e metabolizar o alimento ingerido, foi verificada diminuição na TCE nas avaliações subsequentes, provavelmente pela redução da área de fundo disponível e aumento das interações agonísticas.

Essas proposições são condizentes com os comportamentos observados, pois desde o 9º dia as larvas do D400 passaram a procurar refúgio e ocupar nitidamente o fundo da bandeja, momento em que foram verificadas brigas em 100% das unidades experimentais desse tratamento (Figura 2 e 3). Já no D100, embora as brigas tenham ocorrido em todas as bandejas somente a partir do 30º dia, 80% das unidades passaram a apresentar esse comportamento a partir do 20º dia.

A correlação negativa entre TCE e CFT indica que 75,62% de CFT é o limite máximo de área que pode ser ocupada para que a TCE se mantenha a valores mais elevados. Pode-se observar na Figura 2 que a taxa de crescimento praticamente não muda a partir de 100% de CFT.

Estes resultados estão de acordo com os reportados por Barcellos et al. (2004) que testaram densidades de 100, 200 e 300 jundiás·m⁻³ em tanques rede (aproximadamente 120, 240 e 360% de CFT, respectivamente) e encontraram elevado cortisol sanguíneo independente da densidade. Da mesma forma Martinelli et al. (2013) não observaram diferenças no desempenho de jundiás criados em gaiolas nas densidades de 50 e 150 peixes·m⁻³ (aproximadamente 160 e 480% de CFT, respectivamente). Portanto, os resultados evidenciam as proposições de Björnsson (1994) e Irwin et al. (1999) de que peixes bentônicos necessitam de uma área mínima de fundo para permanecerem repousados e possibilitam que, de posse do comprimento final e sobrevivência esperados ao final do estágio avaliado, seja possível calcular o número de peixes que mantém a cobertura de fundo inferior a 75,62%.

Entretanto, os resultados do presente estudo são contrários aos de Piaia e Baldisserotto (2000) os quais reportaram que a baixa densidade (114 peixes/m³) diminuiu o crescimento de juvenis de jundiá (5,55 cm de comprimento inicial) porque na densidade mais elevada (454 peixes/m³), os peixes permaneciam em grupos para capturar o alimento e na menor eles formavam territórios distintos e individuais.

Além das razões citadas, é importante notar que em condições experimentais a transparência da água é alta e que o jundiá apresenta hábito noturno (GOMES et al., 2000) e prefere águas com elevada turbidez (SCHULZ &

LEUCHTENBERGER, 2006) por isso apresenta melhor crescimento quando exposto ao escuro constante (BEHR et al., 1999; PIAIA et al., 1999).

Hossain et al. (1999) observaram que bagres africanos (*Clarias gariepinus*) consumiam mais de 70% de sua ração diária durante a noite quando dado acesso ao alimento por 24h e quando a alimentação foi restrita aos períodos com iluminação, o consumo de alimento diminuiu.

Embora a elevada densidade tenha apresentado melhor crescimento no estudo de Piaia e Baldisserotto (2000), os efeitos da falta de espaço foram evidenciados ao final do teste. Por exemplo, o GPp e o FC nos primeiros 10 dias foram 90% e 0.9, respectivamente, para a maior densidade e 16% e 0.9 para a menor, enquanto que ao final do estudo (50 dias) o GPp e FC foram 2% e 0.6 para a maior e 7% e 0.9 para a menor, respectivamente. Portanto há indícios de que a claridade prejudicou a alimentação dos jundiás.

Além disso, Grobis et al. (2013) reportaram que *Gasterosteus aculeatus*, um peixe territorialista como o jundiá, apresentou comportamento de cardume para evitar predadores e que formam grupo somente quando é necessário. Assim, devido ao territorialismo e hábito canibal do jundiá, o único momento em que formar grupo é benéfico em condições de cultivo é durante a alimentação, de modo que, após se alimentarem, devem ter um espaço mínimo para repousarem.

Como apresentado anteriormente, as larvas de jundiá são pelágicas nos primeiros dias de vida e, nesse curto período, a altura da coluna de água permite sua dispersão. No entanto, quando passam a ocupar o fundo, as brigas se intensificam pela disputa de espaço, refletindo em maior gasto energético e maior agitação no momento da alimentação.

Previamente à ocupação do fundo (dois dias antes da nítida tentativa de manterem-se sob os refúgios), as larvas apresentavam-se inquietas quando a luz era acesa, batendo a cauda constantemente, mas sem ocorrer deslocamento, cessando o movimento ao apagar a lâmpada. Nesse período algumas larvas apresentavam coloração marrom escuro, sendo que no 30º dia todos os indivíduos de todos os tratamentos apresentavam coloração cinza claro.

De posse dessas informações é possível indicar a utilização de sombrite sobre o tanque de larvicultura a partir do momento em que as larvas passam a ser bentônicas, comportamento verificado pelo aparecimento de indivíduos com

coloração marrom escuro ou pela total ausência de larvas nadando na superfície da água.

O uso do sombrite permitirá que os peixes busquem o alimento sem medo e, portanto, sem a necessidade de formarem grupos, podendo ser utilizada uma densidade de acordo com a ocupação da área de fundo, uma vez que as perdas no desempenho não são recuperadas posteriormente.

4.5 CONCLUSÃO

A densidade de estocagem afeta o comportamento e prejudica o crescimento de larvas de jundiá, sendo que a maior diminuição na taxa de crescimento ocorre quando a área de fundo ocupada é superior a 75,62%. Adicionalmente, essa depleção no desempenho não é recuperada quando os peixes são colocados em condições mais favoráveis.

5 CAPÍTULO 2

**GESTÃO DO CANIBALISMO EM ALEVINOS DE JUNDIÁ, *Rhamdia quelen*:
COMPORTAMENTO EM LOTES HETEROGÊNEOS ALIMENTADOS COM
RAÇÃO DE DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULA**

5.1 INTRODUÇÃO

O canibalismo é o ato de alimentar-se de partes ou de todo o corpo de indivíduos da mesma espécie, independente do estágio de desenvolvimento. É um comportamento verificado nas mais diversas espécies do reino animal e que, dentre os peixes, é mais pronunciado nos que apresentam hábito alimentar piscívoro, mas não se restringe a eles (SMITH & REAY, 1991).

Na natureza presume-se que algumas espécies de peixes sejam predispostas a gerar indivíduos menores por questões evolutivas. Isso porque quando ocorre canibalismo entre irmãos, as presas, normalmente menores, fornecem nutrientes de alta qualidade na proporção ótima para máximo crescimento daquele que, embora da mesma idade, está maior. Isso permite que as próximas gerações sejam mais competitivas com as outras espécies (KESTEMONT et al., 2003; SMITH & REAY, 1991).

É um comportamento comum na fase larval dos peixes, especialmente em ambientes de cultivo onde eles estão impossibilitados de escapar da predação via segregação ou migração (BARAS & JOBLING, 2002). Além da densidade, outros fatores como heterogeneidade, estado nutricional, presença de refúgios e intensidade luminosa também podem afetar (DOU et al., 2000; FESSEHAYE et al., 2006; QIN et al., 2004). Entretanto, Fessehay et al. (2006) afirmam que, pelo menos para a onívora tilápia (*Oreochromis niloticus*), o canibalismo não pode ser evitado se houver heterogeneidade, mesmo que todos os outros quesitos estejam adequados.

Dentre as causas da heterogeneidade estão a grande diversidade de genes dos reprodutores não selecionados (APPLEYARD & WARD, 2006), comportamento (IRWIN et al., 1999; SILVA et al., 2010; VAZ-SERRANO et al., 2011), frequência alimentar (KESTEMONT et al., 2003), tamanho da partícula (AZAZA et al., 2010; HOSSAIN et al., 2000), fotoperíodo (KESTEMONT et al., 2003) e densidade (WOCHER et al., 2011) além do próprio canibalismo (BARAS & JOBLING, 2002).

Devido ao grande número de fatores envolvidos, quando a espécie cultivada apresenta comportamento canibal, constantes classificações são realizadas a fim de formar lotes homogêneos (LAMBERT & DUTIL, 2001). Porém,

a disparidade retorna logo que os indivíduos maiores são retirados, pois novas disputas pela dominância são travadas (MARTINS et al., 2006; SILVA et al., 2010).

Nesse contexto entram em cena dois fatores determinantes na heterogeneidade: a grande diversidade de genes devido ao uso de reprodutores não selecionados e o manejo alimentar.

Sabe-se que a diversidade genética de populações selvagens é maior em relação àquelas que passaram por processo de seleção, de modo que quanto maior for a pressão de seleção durante as gerações, mais homogêneos são os indivíduos (APPLEYARD & WARD, 2006; BRÄNNÄS et al., 2005; FLEMING et al., 2002).

Com relação ao manejo alimentar, a baixa disponibilidade e/ou qualidade do alimento podem instigar o canibalismo (KESTEMONT et al., 2003). Da mesma forma, partículas muito pequenas podem tornar o canibalismo energeticamente mais viável (AZAZA et al., 2010; YANG et al., 2015).

Azaza et al. (2010) relatam que com o tamanho de partícula adequado, pode-se diminuir a heterogeneidade do lote. Partículas muito pequenas em relação ao tamanho da boca do peixe aumentam o gasto energético para capturar a quantidade necessária para a saciedade fisiológica, além de apresentar maior porcentagem de perdas por lixiviação. Por outro lado, partículas maiores podem não ser ingeridas por todos os indivíduos, embora a saciedade fisiológica seja alcançada rapidamente por causar distensão da musculatura do estômago ao preencher seu volume (AZAZA et al., 2010; CARLSON, 1993; PORRINI et al., 1995). Assim, presume-se que a ingestão de partículas que ocupem o maior volume possível no estômago, pode diminuir o canibalismo em lotes oriundos de reprodutores não selecionados.

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um siluriforme nativo da América do Sul, que apresenta potencial para cultivo (BARCELLOS et al., 2004; FRACALLOSSI et al., 2004). No entanto seu crescimento heterogêneo e comportamento canibal, principalmente nas fases iniciais, dificultam a produção em larga escala. Atualmente os tamanhos de partícula disponíveis comercialmente para a alevinagem de jundiá é farelada (<200 µm) ou extrusada (2 mm). Além disso, não

há estudos disponíveis sobre o comportamento canibal dessa espécie e, por isso um alimento especializado não é produzido.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento canibal de alevinos de jundiá alimentados com diferentes tamanhos de partícula e identificar as relações entre predador e presa para que o canibalismo seja evitado.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas, sendo registrada pelo número do processo 23110.004309/2014-31.

5.2.1 Animais e período experimental

Este estudo iniciou às 14:00 h do primeiro dia e teve duração de 42 h. Os alevinos (30 dpe) foram obtidos a partir de um casal selvagem que foi induzido artificialmente. No período anterior ao estudo as larvas foram alimentadas oito vezes ao dia com uma ração comercial farelada (56% PB, 4.200 kcal ED/kg). Os alevinos foram divididos em três classes de tamanho chamadas de predadores (Pd) com $389,31 \pm 89,13$ mg e $34,47 \pm 3,36$ mm, presas médias (Pm) com $101,59 \pm 32,38$ mg e $20,76 \pm 2,66$ mm e presas pequenas (Pp) com $28,13 \pm 13,09$ mg e $13,51 \pm 1,75$ mm. Cada unidade experimental foi composta por duas Pd, cinco Pm e cinco Pp e 20 desses grupos foram formados.

Adicionalmente um grupo foi anestesiado com óleo de cravo (20mg/L) e fixado em formaldeído 10% para manter uma amostra da heterogeneidade inicial. Este grupo foi formado por cinco indivíduos de cada classe (Pd, Pm e Pp) além de um de 60,41 mm que estava engolindo outro de 41,63 mm. Este alevino maior indica a elevada heterogeneidade que é comum no cultivo de jundiá e é responsável pela baixa taxa de sobrevivência.

5.2.2 Instalações

Vinte bandejas plásticas com fundo telado (200 μ) e tamanho de 190 x 275 x 70 mm (L x C x A) foram submergidas 40 mm em dez caixas de polipropileno de 160 litros (400 x 800 x 500 mm, L x C x A) totalizando duas bandejas por

caixa. Estas caixas estavam conectadas em um sistema de recirculação de água com um reservatório (500 L) e um filtro biológico (350 L).

A temperatura ($23,92 \pm 0,14^{\circ}\text{C}$) e oxigênio ($7,18 \pm 0,08\text{mg/L}$) foram verificados pela manhã e à tarde com oxímetro digital. O pH (7,5) e compostos nitrogenados (ausentes; amônia, nitrito e nitrato) foram mensurados somente uma vez, ao final do experimento, com uso de kits colorimétricos.

O fotoperíodo natural foi mantido (nascer do sol: 06:20 h e pôr do sol: 19:03 h) e cortinas escuras foram utilizadas nas janelas de modo diminuir a intensidade luminosa (no máximo 110 lux).

5.2.3 Tamanhos de partículas e manejo alimentar

Foi utilizada ração comercial (Tabela 1) a qual foi triturada em liquidificador e peneirada. Foram testados três tamanhos de partículas e algumas combinações as quais formaram os seguintes tratamentos: P: partículas menores que 200 μm ; M: partículas entre 200 – 400 μm ; G: partículas entre 400 – 600 μm ; PG: partículas menores que 200 μm e entre 400 – 600 μm ; e MG: ração com partículas entre 200 – 600 μm .

Tabela 1 - Composição nutricional da ração comercial (%)

Umidade	10,00
Proteína Bruta	32,00
Extrato Etéreo	3,00
Extrato não nitrogenado	43,50
Fibra Bruta	3,50
Matéria Mineral	8,00
Cálcio min	1,40
Fósforo min	0,70

Composição básica do produto: creme de milho, proteína texturizada de soja, farinha de peixe, levedura, Gammarus, óleo de soja, spirulina desidratada, premix mineral e vitamínico, corante natural astaxantina e antioxidantes.

A ração foi fornecida à vontade em intervalos de 2 h, das 08:00 às 18:00 h. Durante a alimentação, no momento do fornecimento dos tratamentos PG e MG, os peixes recebiam primeiro as partículas G e após 1 min as demais (P ou M). Este procedimento foi estabelecido para permitir que os predadores ingerissem primeiro as partículas grandes.

5.2.4 Avaliações comportamentais

A partir do início do teste os alevinos faltantes foram contados de hora em hora das 08:00 às 18:00 h. Observadores avaliaram o comportamento dos alevinos de cada bandeja por 10 min após 3 h de início do experimento.

Foram observados o número de ataques às presas (NAT), tamanho das presas atacadas (Pm ou Pp), presas afastadas dos predadores (PAP) e presas na superfície da água (PSA).

Para avaliar a PAP, foi calculada a porcentagem de presas que estavam o mais longe possível dos predadores durante o período de observação.

Briga entre predadores e predadores se evitando foram descritivamente anotados. Além disso, em todos os momentos de fornecimento de alimento foram observados a motivação das presas e dos predadores para buscar o alimento (ver Tabela 2).

Tabela 2 - Etograma das interações observadas em lotes heterogêneos de alevinos de jundiá durante o dia

Comportamento observado	Descrição do comportamento
Presas afastadas dos predadores (PAP)	As presas permanecem longe dos predadores, posicionadas sobre o fundo da bandeja ou na superfície da água.
Presas na superfície da água (PSA)	As presas permanecem estacionárias horizontalmente na superfície da água.
Ataque de predador às presas (NAT)	Predador mordisca a presa que está nadando próximo a ele
Motivação para alimentação	O peixe nada em direção ao alimento ou permanece estacionário no momento da alimentação.
Briga entre predadores	Um predador mordisca o corpo do outro que está próximo.
Predadores se evitando	Um predador permanece afastado do outro.

A taxa de canibalismo (TC) e as ocorrências de canibalismo durante o dia foram verificadas. Considerou-se que os alevinos que desapareciam no período entre às 18:00 e 08:00 h foram ingeridas à noite, entre às 08:00 e 12:00 h pela manhã e entre às 12:00 e 18:00 h pela tarde.

5.2.5 Relações predador/presa

A fim de evitar a eutanásia de todos os peixes, ao final do estudo, apenas 50% das unidades experimentais (duas de cada tratamento) foram coletadas, anestesiadas e fixadas em formaldeído 10% para as medições morfológicas.

O peso, CT e altura da cabeça da presa e peso, CT e abertura da boca dos predadores foram mensurados (ver Figura 1) com uso de paquímetro digital. A partir dos alevinos eutanasiados foi desenvolvida uma equação baseada na regressão linear entre a altura da cabeça e CT das presas e outra baseada na abertura da boca e CT dos predadores.

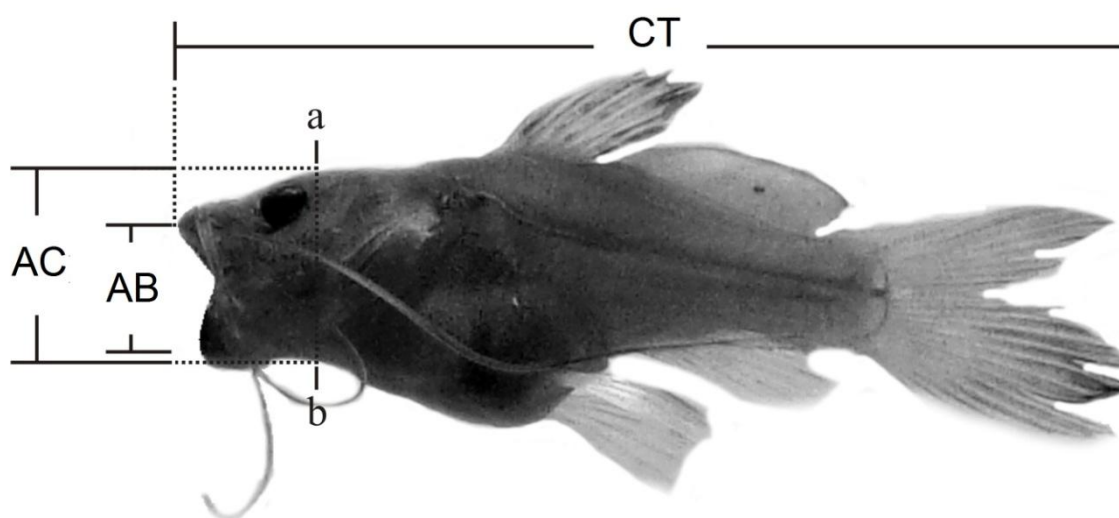


Figura 1 – Predador de 29 mm indicando os parâmetros morfológicos mensurados nos alevinos de jundiá. AC = altura da cabeça; AB = abertura da boca; CT = comprimento total; secção a-b = região da medição da AC.

Os indivíduos não eutanasiados foram anestesiados, contados e apenas o peso e CT foram mensurados para evitar injúrias. Dessa forma, a altura da cabeça das presas e a abertura da boca dos predadores foram estimados pelas equações acima mencionadas.

Devido às variações entre os valores mensurados e estimados da abertura da boca dos predadores, foram calculados os limites de confiança a nível de 95%.

Além disso, as equações também permitiram calcular o mínimo comprimento do menor indivíduo do lote para que o canibalismo seja evitado quando o comprimento do maior indivíduo for 30, 40, 50 e 60 mm. Para isso, a abertura da boca do maior indivíduo (30, 40, 50 e 60 mm de CT) foi calculada e o

valor encontrado foi considerado como a altura mínima de cabeça permitida no lote. Finalmente, a mínima altura de cabeça foi usada na equação das presas para encontrar seu CT.

Uma vez que o CT dos sobreviventes não mudou significativamente no período experimental, o CT inicial foi usado como marcador para identificar as presas engolidas e calcular a altura de suas cabeças. Dessa forma, foi avaliada a relação entre a altura da cabeça das presas e a abertura da boca dos predadores nas ocorrências de canibalismo.

A TC foi calculada de acordo com a seguinte equação: $TC = 100 \times \text{número de presas engolidas no turno} / \text{número inicial de presas que poderiam ser engolidas}$. Considerou-se como “presas que poderiam ser engolidas” aquelas com altura da cabeça menor ou igual à maior abertura da boca de ao menos um predador. Adicionalmente, foi calculada a proporção entre o peso do predador e o peso da presa em cada unidade experimental como segue: $100 \times \text{peso da presa engolida} / \text{peso do predador que poderia engoli-la}$.

5.2.6 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Após o teste de normalidade (Shapiro-Wilk), as médias de TC, NAT, PAP e PSA foram comparadas pelo teste de Duncan quando a análise de variância foi significativa a nível de 5% de probabilidade. Análises de regressão linear foram aplicadas nos casos mencionados acima.

Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SPSS 8.0.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Comportamento predatório

Os resultados mostraram que 62,72% dos indivíduos predados foram ingeridos durante a noite e 37,28% durante o dia (Figura 2).

PAP e PSA não foram afetados pelos tamanhos de partículas testados ($P > 0,05$) e observou-se que, de modo geral, 94,45% das presas permaneciam afastadas dos predadores e que 41,18% adotaram uma posição horizontal na superfície da água (Tabela 3). Além disso, os predadores não mostraram

preferência em atacar tamanhos específicos de presa ($P_p = 54,55\%$; $P_m = 45,45\%$). Às vezes (8 ocorrências de 20 observações), mordiscavam-se entre si e quando isso ocorria, permaneciam afastados uns dos outros.

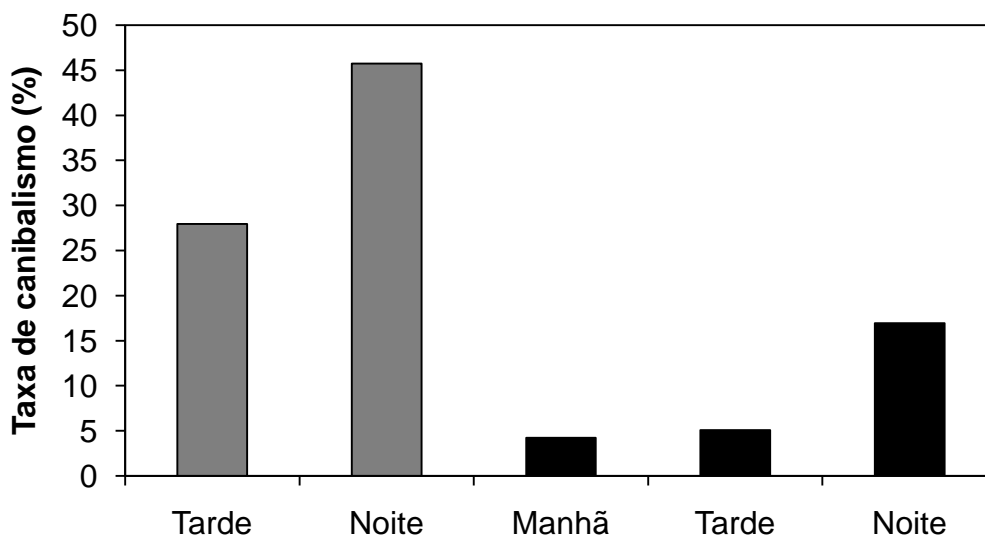


Figura 2 – Taxa de canibalismo em lotes heterogêneos de alevinos de jundiá, em relação aos períodos diários e independente do tamanho de partícula fornecido ($n = 20$). As colunas em cinza e em preto indicam a porcentagem de ocorrências no primeiro e segundo dia, respectivamente.

Tabela 3 - Número de ataques de predadores às presas (NAT), porcentagem de presas afastadas dos predadores (PAP) e presas na superfície da água (PSA) em 10 min de observação e taxa de canibalismo (TC) de alevinos de jundiá em lotes heterogêneos alimentados com diferentes tamanhos de partícula da ração ($n = 4$). Valores estão expressos como média \pm desvio padrão.

Tamanhos de partícula ¹	Variáveis			
	NAT	TC	PAP	PSA
P	0,50 \pm 1,00	85,87 \pm 9,99	92,22 \pm 9,68	41,11 \pm 2,22
M	2,33 \pm 2,08	91,90 \pm 7,33	95,08 \pm 6,39	41,96 \pm 5,92
G	2,50 \pm 2,08	84,10 \pm 9,45	97,22 \pm 5,55	42,70 \pm 3,47
PG	3,00 \pm 2,00	100,00 \pm 0,00	94,44 \pm 6,41	39,96 \pm 4,93
MG	2,25 \pm 1,70	82,71 \pm 16,71	93,30 \pm 7,76	40,17 \pm 3,09

¹ P = $<200 \mu\text{m}$; M = $200\text{--}400 \mu\text{m}$; G = $400\text{--}600 \mu\text{m}$; PG = S + L; MG = M + L.

Não foram encontradas diferenças entre os tamanhos de partícula testados para os comportamentos avaliados com base no teste de Duncan ($P > 0.05$).

A motivação para buscar o alimento foi nitidamente diferente entre as presas e predadores, pois nenhum predador nadou em direção à ração nos momentos de alimentação.

Durante o estudo, os predadores engoliram presas com peso médio de $11,63\% \pm 4,30\%$ dos seus pesos atingindo um máximo de $19,21\%$. (predador: peso = 406 mg e CT = 36 mm; presa: peso = 78 mg e CT = 18 mm).

5.3.2 Predição do canibalismo

Os tamanhos de partícula testados não alteraram a TC e a NAT ($P > 0,05$). A TC variou entre $82,71\%$ e 100% e não mostrou correlação com NAT ($P = 0,54$; $r = 0,15$; Tabela 3). Baseando-se nas avaliações de altura da cabeça e abertura da boca, foi possível observar que de $82,71\%$ a 100% das presas que tinham a cabeça menor ou igual à abertura da boca dos predadores foram engolidas. Outros $6,38\%$ dos alevinos que a altura da cabeça era maior que a abertura da boca dos predadores tiveram o intestino consumido.

A associação entre o comprimento do predador e presa para evitar o canibalismo e as equações correspondentes são apresentadas nas figuras 3 e 4, respectivamente. Uma diferença de $13,7$ mm no CT pode ser observada entre os alevinos do mesmo lote.

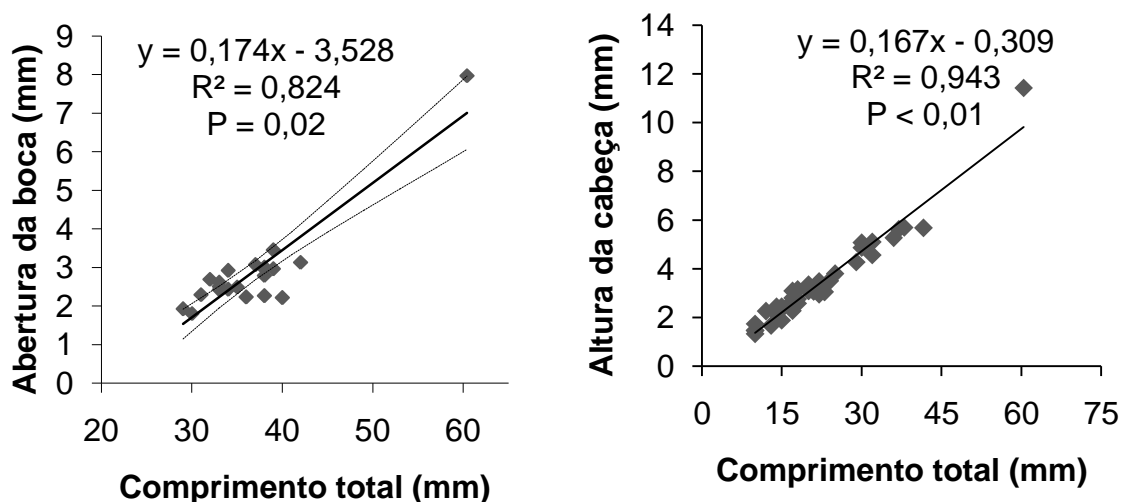


Figura 3 – Regressão linear entre o comprimento total e abertura da boca dos predadores (esquerda) e comprimento total e altura da cabeça das presas (direita).

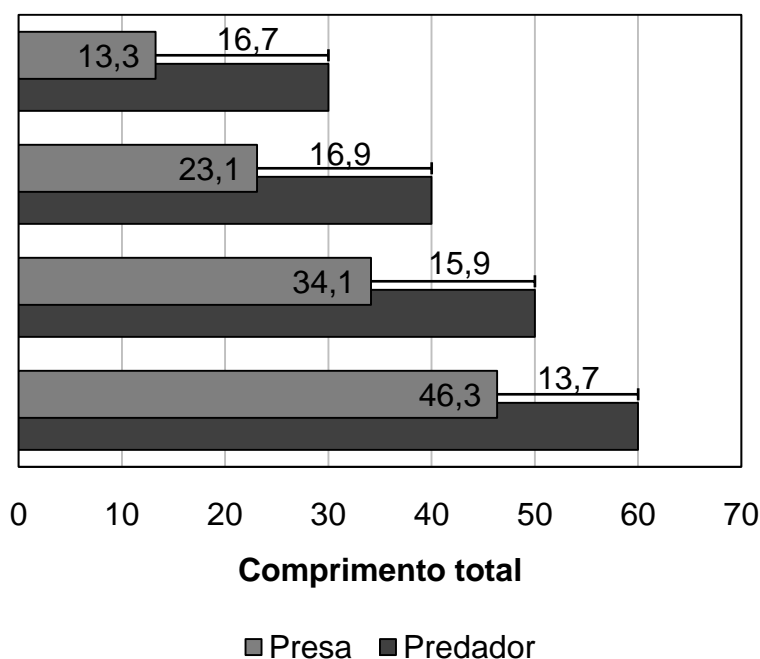


Figura 4 – Representação esquemática do comprimento total do predador e da presa. As barras de erro indicam a máxima diferença no comprimento entre o maior e o menor alevino do lote para que o canibalismo seja evitado. A abertura da boca dos predadores foi calculada pela linha superior do limite de confiança, $y = 0,001x^2 + 0,095x - 1,833$.

5.4 DISCUSSÃO

O canibalismo é relatado em uma grande variedade de espécies (BARAS & JOBLING, 2002) e se tem utilizado de várias técnicas e adaptações no manejo para aumentar a taxa de sobrevivência (FRANCIS JR. & BENGTSON, 1999; QIN et al., 2004). Embora algumas tenham um êxito relativo, como no caso de fornecer refúgios na larvicultura de *Lates calcarifer* que diminuiu a taxa de canibalismo para em torno de 20%, isso ocorreu em um período de apenas 14 dias (QIN et al., 2004). O que indica que as larvas sobreviventes poderiam ser ingeridas no futuro caso não fosse realizada a classificação para homogeneizar o lote.

No presente trabalho foi verificado que o canibalismo ocorreu independente do uso de partículas com diferentes tamanhos e chegou a 100%, embora tenha sido usada uma ração com alta palatabilidade e fornecida em curtos intervalos.

Observou-se visualmente que as presas, mas não os predadores, nadavam em direção à ração no momento de seu fornecimento enquanto haviam presas com altura da cabeça menor ou igual à abertura de suas bocas. Além disso, alguns alevinos foram mortos e seus intestinos foram consumidos quando acabaram as presas que podiam ser engolidas.

Kestemont et al. (2003) relataram que o fornecimento de alimento vivo aumentou a taxa de crescimento em lotes heterogêneos de larvas de *Perca fluviatilis* sem diminuir o comportamento canibal. Yang et al. (2015) encontraram que o canibalismo diminuiu com o aumento da oferta de alimento, homogeneidade e hibridização de *Silurus meridionalis* e *S. asotus*. Entretanto, mesmo nos lotes homogêneos, a ração não foi o alimento preferido.

Na natureza o jundiá vive em águas com elevada turbidez e sua atividade natatória é maior pela manhã e ao entardecer quando sai de seu esconderijo para procurar alimento. A fim de evitar ser predado, o jundiá ingere tanta comida quanto possível no período noturno. Entretanto, apenas uma refeição não é o suficiente para manter os hormônios da fome sob controle durante o dia. Por isso, ele tem ao menos uma refeição diurna (SCHULZ & LEUCHTENBERGER, 2006). Dessa forma, como os alevinos estão confinados com uma refeição perfeita, eles a ingerem como uma estratégia instintiva para saciar-se e atrasar as refeições diurnas que são mais arriscadas.

A ingestão de presas pesando 11,63% de seu peso vivo somente foi possível devido à forma e textura das presas. Stradmeyer. (1988) mostraram que a forma e textura dos pellets de ração afetam o consumo de alimento de *Salmo salar* que prefere os longos e macios. Dessa forma, consumindo as partículas de ração disponíveis atualmente no mercado não é possível alcançar os efeitos comportamentais e fisiológicos similares aos desencadeados pela ingestão de presas.

Uma considerável porcentagem de presas adotou uma posição horizontal estacionária na superfície da água, opondo-se ao hábito bentônico da espécie. Nesse sentido, Hrabik et al. (2014) afirmam que as presas de hábito bentônico podem realizar movimentos verticais para evitar a predação quanto elas estão em uma região com muitos predadores ou com área limitada. Assim, a área limitada da bandeja e o iminente risco de predação foram as prováveis razões para a

mudança de comportamento. Nesse sentido, é possível inferir que quando este comportamento é verificado no cultivo de jundiá, uma atividade predatória está ocorrendo no fundo.

De maneira geral, a máxima diferença no comprimento que pode ocorrer dentro do lote de alevinos de jundiá é 13 mm para a variação de tamanho estudada (Figura 3). Esse valor permite a tomada de decisão na classificação e formação de lotes, pois são facilmente mensurados. Assim, por exemplo, se o CT do maior alevino é 35 mm, então o menor deve medir mais de 22 mm no CT. No entanto, a total ausência de canibalismo é improvável devido às ocorrências relatadas.

Yang et al. (2015) verificaram mudanças na taxa de canibalismo do híbrido dos bagres de *S. meridionalis* e *S. asotus* em relação aos puros, sugerindo que esse comportamento pode ser geneticamente controlado.

Um questionamento freqüente na hora de selecionar os maiores peixes de um lote é: ele é maior por causa da sua genética ou da sua dominância? Na verdade, ele é maior porque, devido a sua genética, produz mais hormônios envolvidos no anabolismo (estrogênio, progesterona, testosterona, tireoxinas, etc.) o que aumenta a atividade enzimática e a taxa metabólica, de modo que o organismo consegue utilizar os nutrientes mais rapidamente (ADAMS et al., 1998; BOUJARD et al., 2006; PETER & MARCHANT, 1995) e, não por acaso, a constante sensação de fome o torna mais agressivo, um dominante (LIN et al., 2000; MARTINS et al., 2011; PETER & MARCHANT, 1995).

No entanto, se o alimento for fornecido com mais frequência, verifica-se que os mais agressivos e territorialistas não são necessariamente os maiores, visto que seu gasto energético é maior (ADAMS et al., 1998). Nosso grupo de pesquisa também verificou essa situação com larvas de jundiá alimentadas em intervalos de 2 horas onde alguns indivíduos que ocupavam o esconderijo, embora mais agressivos, não eram os maiores da unidade experimental (dados não publicados).

Sabe-se que um considerável número de pesquisas com as mais diversas avaliações na fase de larvicultura do jundiá não são publicadas devido à heterogeneidade e ao canibalismo serem a maior fonte de interferência (comunicação pessoal). Portanto, é provável que somente com a observação e

seleção das características corretas o jundiá será promovido e intensivamente cultivado.

5.5 CONCLUSÃO

Conclui-se que, ao menos para alevinos de jundiá obtidos de reprodutores selvagens, o canibalismo persiste mesmo com o fornecimento de rações energeticamente mais favoráveis e, neste caso, a classificação permanece sendo o método mais prático para reduzir o canibalismo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa demonstrou que o retardo no crescimento de larvas de jundiá em decorrência de brigas no fundo do tanque, pela elevada densidade, não é recuperado quando os indivíduos são colocados em condições mais favoráveis. Dessa forma, é sugerido calcular a densidade de estocagem considerando a taxa de crescimento dos peixes e a ocupação máxima de 75% da área de fundo. Isso implica em densidades de estocagem baixas, quando comparado a espécies pelágicas, e na utilização de uma proteção para evitar a incidência de luz no tanque, principalmente em água clara, para que os peixes não tenham medo de buscar o alimento.

Independente da densidade utilizada recomenda-se a formação de lotes homogêneos, a fim de evitar o canibalismo e aumentar a sobrevivência. A homogeneidade do lote pode ser realizada pelo uso de classificadores ou pela seleção e melhoramento genético como sugere a bibliografia internacional. O primeiro método é instantâneo e paliativo, já o segundo é de longo prazo e duradouro.

Ao utilizar o melhoramento genético é importante observar o comportamento dos indivíduos para que sejam utilizados somente os dóceis, excluindo aos poucos o comportamento territorialista e o canibalismo.

7 REFERÊNCIAS

- ADAMEK, J., KAMLER, E., EPLER, P. Uniform maternal age/size and light restrictions mitigate cannibalism in *Clarias gariepinus* larvae and juveniles reared under production-like controlled conditions. **Aquacultural Engineering**, v. 45, n. 1, p. 13–19, 2011.
- ADAMS, C. E., HUNTINGFORD, F. A., TURNBULL, J. F., BEATTIE, C. Alternative competitive strategies and the cost of food acquisition in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 167, n. 1–2, p. 17–26, 1998.
- ALMEIDA, O., GOZDOWSKA, M., KULCZYKOWSKA, E., OLIVEIRA, R. F. Brain levels of arginine-vasotocin and isotocin in dominant and subordinate males of a cichlid fish. **Hormones and Behavior**, v. 61, n. 2, p. 212–217, 2012.
- ALVARD, M. S., KUZNAR, L. Deferred harvests: The transition from hunting to animal husbandry. **American Anthropologist**, v. 103, n. 2, p. 295–311, 2001.
- APPLEYARD, S. a., WARD, R. D. Genetic diversity and effective population size in mass selection lines of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). **Aquaculture**, v. 254, n. 1–4, p. 148–159, 2006.
- AZAZA, M. S., DHRAIEF, M. N., KRAIEM, M. M., BARAS, E. Influences of food particle size on growth, size heterogeneity, food intake and gastric evacuation in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L., 1758. **Aquaculture**, v. 309, n. 1–4, p. 193–202, 2010.
- BALON, E. K. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. **Aquaculture**, v. 129, n. 1–4, p. 3–48, 1995.
- BARAS, E., JOBLING, M. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. **Aquaculture Research**, v. 33, n. 7, p. 461–479, 2002.
- BARCELLOS, L. J. G., KREUTZ, L. C., QUEVEDO, R. M., FIOREZE, I., CERICATO, L., SOSO, A. B., FAGUNDES, M., CONRAD, J., BALDISSERA, R. K., BRUSCHI, A., RITTER, F. Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: Cage type, stocking density and stress response to confinement. **Aquaculture**, v. 232, n. 1–4, p. 383–394, 2004.
- BARCELLOS, L. J. G., KREUTZ, L. C., QUEVEDO, R. M., ROSA, J. G. S., KOAKOSKI, G., CENTENARO, L., POTTKER, E. Influence of color background and shelter availability on jundiá (*Rhamdia quelen*) stress response. **Aquaculture**, v. 288, n. 1–2, p. 51–56, 2009.
- BAVČEVIĆ, L., KLANJŠČEK, T., KARAMARKO, V., ANIČIĆ, I., LEGOVIĆ, T. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. **Aquaculture**, v. 301, n. 1–4, p. 57–63, 2010.
- BEHR, E. R., RADÜNZ NETO, J., FONTANA, A. P. Influência de diferentes níveis

de luminosidade sobre o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) (Quoy & Gaimard, 1824) (Pisces: pimelodidae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 21, n. 2, p. 325–330, 1999.

BJÖRNSSON, B. Effects of stocking density on growth rate of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared in large circular tanks for three years. **Aquaculture**, v. 123, n. 3–4, p. 259–270, 1994.

BOLASINA, S., PÉREZ, A., YAMASHITA, Y. Digestive enzymes activity during ontogenetic development and effect of starvation in Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 252, n. 2–4, p. 503–515, 2006a.

BOLASINA, S., TAGAWA, M., YAMASHITA, Y., TANAKA, M. Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 259, n. 1–4, p. 432–443, 2006b.

BOUJARD, T., CUVIER, A., GEURDEN, I., LABBE, L., MAMBRINI, M. Selection for growth and feeding hierarchy in brown trout. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 99, n. 3–4, p. 344–356, 2006.

BRÄNNÄS, E., CHAIX, T., NILSSON, J., ERIKSSON, L. O. Has a 4-generation selection programme affected the social behaviour and growth pattern of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*)? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 94, n. 1–2, p. 165–178, 2005.

CARDOSO, A. P., RADÜNZ NETO, J., MEDEIROS, T. D. S., KNÖPKER, M. A., LAZZARI, R. Criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com rações granuladas contendo fígados ou hidrolisados. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 457–462, 2004.

CARLSON, A. J. Contributions to the physiology of the stomach. - II. The relation between the contractions of the empty stomach and the sensation of hunger. **Obesity research**, v. 1, n. 6, p. 501–509, 1993.

CASTANHEIRA, M. F., HERRERA, M., COSTAS, B., CONCEIÇÃO, L. E. C., MARTINS, C. I. M. Linking cortisol responsiveness and aggressive behaviour in gilthead seabream *Sparus aurata*: Indication of divergent coping styles. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 143, n. 1, p. 75–81, 2013.

CLUTTON-BROCK, J. The process of domestication. **Mammal Review**, v. 22, n. 2, p. 79–85, 1992.

COLE, K. S., NOAKES, D. L. G. Development of early social behaviour of rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Pisces, Salmonidae). **Behavioural Processes**, v. 5, , p. 97–112, 1980.

CONRAD, J. L., WEINERSMITH, K. L., BRODIN, T., SALTZ, J. B., SIH, A. Behavioural syndromes in fishes: A review with implications for ecology and

fisheries management. **Journal of Fish Biology**, v. 78, n. 2, p. 395–435, 2011.
 DIAMOND, J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. **Nature**, v. 418, n. 6898, p. 700–707, 2002.

DIEMER, O., NEU, D. H., SARY, C., FINKLER, J. K., BOSCOLO, W. R., FEIDEN, A. *Artemia* sp. na alimentação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciencia Animal Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 175–179, 2012.

DOU, S., SEIKAI, T., TSUKAMOTO, K. Cannibalism in Japanese flounder juveniles, *Paralichthys olivaceus*, reared under controlled conditions. **Aquaculture**, v. 182, n. 1–2, p. 149–159, 2000.

FESSEHAYE, Y., KABIR, A., BOVENHUIS, H., KOMEN, H. Prediction of cannibalism in juvenile *Oreochromis niloticus* based on predator to prey weight ratio, and effects of age and stocking density. **Aquaculture**, v. 255, n. 1–4, p. 314–322, 2006.

FLEMING, I. A., AGUSTSSON, T., FINSTAD, B., JOHNSON, J. I., BJORNSSON, B. T. Effects of domestication on growth physiology and endocrinology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 59, n. 8, p. 1323–1330, 2002.

FRACALOSSO, D. M., MEYER, G., SANTAMARIA, F. M., WEINGARTNER, M., ZANIBONI FILHO, E. Desempenho do jundiá, *Rhamdia quelen*, e do dourado, *Salminus brasiliensis*, em viveiros de terra na região sul do Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 345–352, 2004.

FRANCIS JR., A. W., BENGTSON, D. A. Partitioning of fish and diet selection as methods for the reduction of cannibalism in *Paralichthys dentatus* larviculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, n. 3, p. 302–310, 1999.

GAYLORD, T. G., GATLIN III, D. M. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v. 194, n. 3–4, p. 337–348, 2001.

GOMES, L. D. C., GOLOMBIESKI, J. I., GOMES, A. R. C., BALDISSEROTTO, B. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 179–185, 2000.

GOMIERO, L. M., SOUZA, U. P., BRAGA, F. M. S. Reprodução e alimentação de *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, 2007.

GROBIS, M. M., PEARISH, S. P., BELL, A. M. Avoidance or escape? Discriminating between two hypotheses for the function of schooling in threespine sticklebacks. **Animal Behaviour**, v. 85, n. 1, p. 187–194, 2013.

HAYWARD, R. S., WANG, N., NOLTIE, D. B. Group holding impedes

compensatory growth of hybrid sunfish. **Aquaculture**, v. 183, n. 3–4, p. 299–305, 2000.

HOSSAIN, M. A. R., BEVERIDGE, M. C. M., HAYLOR, G. S. The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings. **Aquaculture**, v. 160, n. 3–4, p. 251–258, 1998.

HOSSAIN, M. A. R., HAYLOR, G. S., BEVERIDGE, M. C. M. The influence of food particle size on gastric emptying and growth rates of fingerling African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell, 1822. **Aquaculture Nutrition**, v. 6, , p. 73–76, 2000.

HRABIK, T. R., ROTH, B. M., AHRENSTORFF, T. Predation risk and prey fish vertical migration in Lake Superior: Insights from an individual based model of siscowet (*Salvelinus namaycush*). **Journal of Great Lakes Research**, v. 40, n. 3, p. 730–738, 2014.

HUANG, S., SLOMIANKA, L., FARMER, A. J., KHARLAMOVA, A. V., GULEVICH, R. G., HERBECK, Y. E., TRUT, L. N., WOLFER, D. P., AMREIN, I. Selection for tameness, a key behavioral trait of domestication, increases adult hippocampal neurogenesis in foxes. **Hippocampus**, v. 975, n. January, p. 963–975, 2015.

HUNTINGFORD, F. A. Implications of domestication and rearing conditions for the behaviour of cultivated fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 65, n. SUPPL. A, p. 122–142, 2004.

HUNTINGFORD, F., COYLE, S., HUNTER, W. **Avoiding Predators**, In: HUNTINGFORD, F, M JOBLING, S KADRI (Eds.), *Aquaculture and Behavior*. Wiley Blackwell, Iowa, USA, pp. 220–247, 2012.

IMSLAND, A. K., JENSSEN, M. D., JONASSEN, T. M., STEFANSSON, S. O. Best among unequals? Effect of size grading and different social environments on the growth performance of juvenile Atlantic halibut. **Aquaculture International**, v. 17, n. 3, p. 217–227, 2009.

IRWIN, S., O'HALLORAN, J., FITZGERALD, R. D. Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). **Aquaculture**, v. 178, , p. 77–88, 1999.

JENSEN, P., ANDERSSON, L. Genomics meets ethology: a new route to understanding domestication, behavior, and sustainability in animal breeding. **Ambio**, v. 34, n. 4, p. 320–324, 2005.

JENSEN, P., BUITENHUIS, B., KJAER, J., ZANELLA, A., MORMÈDE, P., PIZZARI, T. Genetics and genomics of animal behaviour and welfare - Challenges and possibilities. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 113, n. 4, p. 383–403, 2008.

JØRGENSEN, E. H., CHRISTIANSEN, J. S., JOBLING, M. Effects of stocking

density on food intake , growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). **Aquaculture**, v. 110, p. 191–204, 1993.

KAWAMURA, G., ISHIDA, K. Changes in sense organ morphology and behaviour with growth in the flounder. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 51, n. 2, p. 155–165, 1985.

KESTEMONT, P., JOURDAN, S., HOUBART, M., MÉLARD, C., PASPATIS, M., FONTAINE, P., CUVIER, A., KENTOURI, M., BARAS, E. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: Biotic and abiotic influences. **Aquaculture**, v. 227, n. 1–4, p. 333–356, 2003.

LAMBERT, Y., DUTIL, J. D. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size-grading. **Aquaculture**, v. 192, n. 2–4, p. 233–247, 2001.

LAZZARI, R., BERGAMIN, G. T., EMANUELLI, T., RIBEIRO, C. P. Densidade de estocagem no crescimento, composição e perfil lipídico corporal do jundiá. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 712–718, 2011.

LAZZARI, R., RADÜNZ NETO, J., VEIVERBERG, C. A., BERGAMIN, G. T., SIMOES, R. S., PEDRON, F. A., LOSEKANN, M. E., COSTA, M. L. Utilização de glúten de milho em substituição ao fígado de ave em ração granulada para alimentação inicial do jundiá, *Rhamdia quelen*. **B. Inst. Pesca**, v. 31, n. 2, p. 119–127, 2005.

LIAO, I. C., HUANG, Y. S. Methodological approach used for the domestication of potential candidates for aquaculture. **Recent Advances in Mediterranean Aquaculture Finfish Species Diversification**, v. 107, p. 97–107, 2000.

LIN, X., VOLKOFF, H., NARNAWARE, Y., BERNIER, N. J., PEYON, P., PETER, R. E. Brain regulation of feeding behavior and food intake in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology A**, v. 126, n. 4, p. 415–434, 2000.

LORENZEN, K., BEVERIDGE, M. C. M., MANGEL, M. Cultured fish: Integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish. **Biological Reviews**, v. 87, n. 3, p. 639–660, 2012.

LUO, G., GAO, Q., WANG, C., LIU, W., SUN, D., LI, L., TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v. 422–423, , p. 1–7, 2014.

MARTINELLI, S. G., RADÜNZ NETO, J., SILVA, L. P., BERGAMIN, G. T., MASCHIO, D., DELLA FLORA, M. A. L., NUNES, L. M. C., POSSANI, G. Densidade de estocagem e frequência alimentar no cultivo de jundiá em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 871–877, 2013.

MARTINS, C. I. M., CASTANHEIRA, M. F., ENGROLA, S., COSTAS, B.,

CONCEIÇÃO, L. E. C. Individual differences in metabolism predict coping styles in fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 130, n. 3–4, p. 135–143, 2011.

MARTINS, C. I. M., SCHRAMA, J. W., VERRETH, J. A. J. The consistency of individual differences in growth, feed efficiency and feeding behaviour in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) housed individually. **Aquaculture Research**, v. 36, n. 15, p. 1509–1516, 2005.

MARTINS, C. I. M., SCHRAMA, J. W., VERRETH, J. A. J. The effect of group composition on the welfare of African catfish (*Clarias gariepinus*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 97, n. 2–4, p. 323–334, 2006.

MOUSSEAU, T. A., FOX, C. W. The adaptive significance of maternal effects. **Trends in ecology & evolution**, v. 13, n. 10, p. 403–407, 1998.

MÜLLER, U. K. **Swimming and Muscle**, In: FIN, SN, BG KAPOOR (Eds.), Fish Larval Physiology. Science Publishers, New Hampshire, USA, pp. 523–549, 2008.

NISBET, R. M., MULLER, E. B., LIKA, K., KOOIJMAN, S. A. L. M. From molecules to ecosystems through dynamic energy budget models. **Journal of Animal Ecology**, v. 69, n. 6, p. 913–926, 2000.

PARMA, L., BONALDO, A., MASSI, P., YÚFERA, M., MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, G., GATTA, P. P. Different early weaning protocols in common sole (*Solea solea* L.) larvae: Implications on the performances and molecular ontogeny of digestive enzyme precursors. **Aquaculture**, v. 414–415, , p. 26–35, 2013.

PETER, R. E., MARCHANT, T. A. The endocrinology of growth in carp and related species. **Aquaculture**, v. 129, n. 1–4, p. 299–321, 1995.

PIAIA, R., BALDISSEROTTO, B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824). **Ciência Rural**, v. 30, n. 3, p. 509–513, 2000.

PIAIA, R., TOWNSEND, C. R., BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of fingerlings of silver catfish exposed to different photoperiods. **Aquaculture International**, v. 7, n. 3, p. 201–205, 1999.

PITTMAN, K., YÚFERA, M., PAVLIDIS, M., GEFFEN, A. J., KOVEN, W., RIBEIRO, L., ZAMBONINO-INFANTE, J. L., TANDLER, A. Fantastically plastic: Fish larvae equipped for a new world. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, n. SUPPL.1, p. S224–S267, 2013.

PORRINI, M., CROVETTI, R., RISO, P., SANTANGELO, A., TESTOLIN, G. Effects of physical and chemical characteristics of food on specific and general satiety. **Physiology and Behavior**, v. 57, n. 3, p. 461–468, 1995.

POTTINGER, T. G., CARRICK, T. R. Modification of the plasma cortisol response to stress in rainbow trout by selective breeding. **General and comparative**

endocrinology, v. 116, n. 1, p. 122–132, 1999.

POUEY, J. L. O. F., PIEDRAS, S. R. N., ROCHA, C. B., TAVARES, R. A., SANTOS, J. D. M., BRITTO, A. C. P. Desempenho produtivo de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes densidades de estocagem. **ARS Veterinaria**, v. 27, n. 4, p. 241–245, 2011.

POWER, D. M., SILVA, N., CAMPINHO, M. A. **Metamorphosis**, In: FINN, RN, BG KAPOOR (Eds.), *Fish Larval Physiology*. Science Publishers, New Hampshire, USA, pp. 607–638, 2008.

QIN, J. G., MITTIGA, L., OTTOLENGHI, F. Cannibalism in juvenile barramundi *Lates calcarifer* by providing refuges and low light. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 35, n. 1, p. 113–118, 2004.

RØNNESTAD, I., YÚFERA, M., UEBERSCHÄR, B., RIBEIRO, L., SÆLE, Ø., BOGLIONE, C. Feeding behaviour and digestive physiology in larval fish: Current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, n. SUPPL.1, p. S59–S98, 2013.

SAKAKURA, Y. Larval fish behavior can be a predictable indicator for the quality of Japanese flounder seedlings for release. **Aquaculture**, v. 257, n. 1, p. 316–320, 2006.

SCHULZ, U. H., LEUCHTENBERGER, C. Activity patterns of South American silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2A, p. 565–574, 2006.

SEVGILI, H., HOŞSU, B., EMRE, Y., KANYILMAZ, M. Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 344–349, , p. 126–134, 2012.

SILVA, P. I. M., MARTINS, C. I. M., ENGROLA, S., MARINO, G., ØVERLI, Ø., CONCEIÇÃO, L. E. C. Individual differences in cortisol levels and behaviour of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles: Evidence for coping styles. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 124, n. 1–2, p. 75–81, 2010.

SMITH, C., REAY, P. Cannibalism in teleost fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 1, n. 1, p. 41–64, 1991.

STRADMEYER, L., METCALFE, N. B., THORPE, J. E. Effect of food pellet shape and texture on the feeding response of juvenile Atlantic salmon. **Aquaculture**, v. 73, p. 217–228, 1988.

TELETCHÉA, F., FONTAINE, P. Levels of domestication in fish: Implications for the sustainable future of aquaculture. **Fish and Fisheries**, v. 15, n. 2, p. 181–195, 2014.

TRAJANO, E. The agonistic behaviour of *Pimelodella kronei*, a troglobitic catfish

from Southeastern Brazil (Siluriformes, Pimelodidae). **Behavioural Processes**, v. 23, p. 113–124, 1991.

UGLEM, I., KJØRSVIK, E., GRUVEN, K., LAMBERG, A. Behavioural variation in cultivated juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in relation to stocking density and size disparity. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 117, n. 3–4, p. 201–209, 2009.

VALENTINČIČ, T. B., CAPRIO, J. Chemical and visual control of feeding and escape behaviors in the channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Physiology & behavior**, v. 55, n. 5, p. 845–855, 1994.

VAZ-SERRANO, J., RUIZ-GOMEZ, M. L., GJØEN, H. M., SKOV, P. V., HUNTINGFORD, F. A., ØVERLI, Ø., HÖGLUND, E. Consistent boldness behaviour in early emerging fry of domesticated Atlantic salmon (*Salmo salar*): Decoupling of behavioural and physiological traits of the proactive stress coping style. **Physiology and Behavior**, v. 103, n. 3–4, p. 359–364, 2011.

WARD, A. J. W., KRAUSE, J. Body length assortative shoaling in the European minnow, *Phoxinus phoxinus*. **Animal Behaviour**, v. 62, n. 4, p. 617–621, 2001.

WOCHER, H., HARSÁNYI, A., SCHWARZ, F. J. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.): Impact of shelter availability and stocking density on growth and behaviour. **Aquaculture**, v. 315, n. 3–4, p. 340–347, 2011.

YAMADA, T., DONAI, H., OKAUCHI, M., TAGAWA, M., ARAKI, K. Induction of ambicoloration by exogenous cortisol during metamorphosis of spotted halibut *Verasper variegatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology - B**, v. 160, n. 4, p. 174–180, 2011.

YAMANO, K., TAGAWA, M., DE JESUS, E. G., HIRANO, T., MIWA, S., INUI, Y. Changes in whole body concentrations of thyroid hormones and cortisol in metamorphosing conger eel. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 161, n. 4, p. 371–375, 1991.

YANG, S., YANG, K., LIU, C., SUN, J., ZHANG, F., ZHANG, X., SONG, Z. To what extent is cannibalism genetically controlled in fish? A case study in juvenile hybrid cat fish *Silurus meridionalis* – *asotus* and the progenitors. **Aquaculture**, v. 437, p. 208–214, 2015.

ZEDER, M. A. Central questions in the domestication of plants and animals. **Evolutionary Anthropology**, v. 15, n. 3, p. 105–117, 2006.