



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

BRUNNO HENRIQUE ALVES LUCCA

**EFEITO DA CLASSIFICAÇÃO POR TAMANHO CORPORAL NO
CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE ROBALO-
FLECHA (*Centropomus undecimalis*).**

FLORIANÓPOLIS
2019

Brunno Henrique Alves Lucca

**EFEITO DA CLASSIFICAÇÃO POR TAMANHO CORPORAL NO CRESCIMENTO
E SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (*Centropomus
undecimalis*).**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em aquicultura

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Ronzani Cerqueira

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lucca, Bruno Henrique Alves

Efeito da classificação por tamanho corporal no crescimento e sobrevivência de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*). / Bruno Henrique Alves Lucca ; orientador, Vinicius Ronzani Cerqueira, 2019.

43 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Robalo. 3. Crescimento heterogêneo de peixes. 4. Supressão do crescimento. 5. Gradeamento. I. Cerqueira, Vinicius Ronzani. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Brunno Henrique Alves Lucca

Efeito da classificação por tamanho corporal no crescimento e sobrevivência de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*).

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Evoy Zaniboni Filho, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Flávio Furtado Ribeiro, Dr.
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura pelo Programa.

Profª. Dra. Leila Hayashi
Coordenador(a) do Programa

Prof. Dr. Vinicius Ronzani Cerqueira
Orientador

Florianópolis, 11 de julho de 2017.

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais e ao Carlito, secretário do programa, sem os quais não seria possível.

RESUMO

O crescimento heterogêneo em peixes está relacionado às interações sociais no ambiente de cultivo. A separação de peixes por classes de tamanho corporal é recomendada para diminuir a mortalidade em espécies que apresentam altos índices de canibalismo, sobretudo nas fases iniciais de cultivo. No entanto, este procedimento não garante a homogeneidade no crescimento nos grupos segregado, exigindo sua repetição periódica. A ruptura da estrutura social hierárquica causada pela separação de peixes por classes de tamanho pode provocar o acirramento da competição entre peixes de tamanho similar e influenciar as taxas de crescimento individuais. Neste estudo, juvenis de robalo-flecha da mesma prole foram pré-classificados de acordo com o comprimento como sendo pequenos, médios ou grandes. Objetivando comparar o desempenho de peixes pequenos e médios a partir de diferentes distribuições iniciais de tamanho, foram formados quatro tratamentos: um controle heterogêneo representando a distribuição do lote original (HTO); heterogêneo sem peixes grandes (HT-); homogêneo apenas com peixes médios (HMM); e homogêneo apenas com peixes pequenos (HMP). Os resultados indicaram haver formação de uma estrutura hierárquica de tamanhos entre juvenis de robalo-flecha, independentemente da distribuição inicial de tamanhos. A sobrevivência foi maior em HMP, mas não houve diferença significativa para sobrevivência quando os dados agrupados de HMP e HMM foram comparados com HT- e o grupo não segregado. As taxas de crescimento específico não diferiram significativamente entre os tratamentos. Entretanto, em todos os grupos segregados alguns peixes cresceram mais rápido, atingindo peso semelhante ao dos maiores peixes de HTO, enquanto outros indivíduos tiveram seu crescimento suprimido durante formação de uma nova estrutura hierárquica. Os coeficientes de variação dos tratamentos convergiram ao longo do tempo, diminuindo em HTO e aumentando nos grupos segregados, e após os 70 dias de experimento não havia diferenças significativas. Os coeficientes de assimetria dos tratamentos também convergiram e não diferiram significativamente ao final do experimento, mas as distribuições de peso final revelaram uma frequência maior de peixes pequenos nos grupos segregados. Portanto, o crescimento médio do conjunto de peixes pequenos e médios foi semelhante independentemente dos tratamentos, porém foi mais heterogêneo nos grupos segregados.

Palavras-chave: Aquicultura. Robalo. Crescimento heterogêneo de peixes. Supressão do crescimento. Gradeamento.

ABSTRACT

Heterogeneous growth in fish is related to social interactions in the growing environment. Fish grading by body size classes is recommended to reduce mortality in species with high rates of cannibalism, especially in the early stages of rearing. However, this procedure does not guarantee homogeneity in growth in the segregated groups, requiring its periodic repetition. The breakdown of the hierarchical social structure by body size segregation can intensify of competition among individuals of similar size and negatively affect individual growth rates. In this study common snook juveniles from the same cohort were pre-classified according the body size as small, medium or large. Aiming compare the performance of small and medium fish from different initial size distributions, four treatments were formed: a heterogeneous control group, representing an original batch distribution (HTO); Heterogeneous without large fish (HT-); Homogeneous only with medium fish (HMM); and homogeneous only with small fish (HMP). The results indicate that a hierarchical layer structure was formed among common snook juveniles, regardless of the initial distribution. Survival was greater in HMP, but no significant difference was observed for survival when the pooled data of HMP and HMM were compared to HT- and the non-graded group. The specific growth rates did not differ significantly between treatments. However, in all size manipulated groups, some fish to grow faster and reach similar weight to the larger fish in HTO group, while other individuals had their growth suppressed during the formation of a new hierarchical structure. The coefficients of variation converged among treatments with time, decreasing in HTO and increasing in the segregated groups, and after 70 days of the experiment there were no significant differences between treatments. Skewness of treatments also converged and did not differ significantly at the end of the experiment, but the final weight distributions revealed a higher frequency of smaller fish in the segregated groups. Therefore, the average growth of the small and medium fish set was similar regardless of the treatments, but was more heterogeneous in the segregated groups.

Keywords: Aquaculture. Snook. Heterogeneous fish growth owth. Growth suppression. Size grading.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição de frequência de comprimento da população original de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) utilizados no experimento. Destacam-se as classes selecionadas para a formação dos tratamentos. Barras listradas: pequenos; barras brancas: médios; e barras pretas: grandes 20
- Figura 2.** Taxa de alimentação aparente (% biomassa dia-1) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) no início, com 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios 25
- Figura 3.** Coeficiente de variação de peso (média \pm desvio padrão) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) no início e com 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: tratamento HTO desconsiderando os peixes grandes..... 26
- Figura 4.** Coeficiente de assimetria da distribuição de peso (média \pm desvio padrão) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) no início e com 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: tratamento HTO desconsiderando os peixes grandes 28
- Figura 5.** Distribuição de frequência de peso dos juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estocados com diferentes distribuições iniciais de tamanho no início, e após 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: HTO desconsiderando os peixes grandes 32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Média \pm desvio padrão de parâmetros zootécnicos de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estocados com diferentes distribuições iniciais de tamanho após primeiro (A) e segundo (B) períodos de 35 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; e HMM: homogêneo com peixes médios..... 22
- Tabela 2.** Média \pm desvio padrão de parâmetros zootécnicos de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estocados com diferentes distribuições iniciais de tamanho após primeiro (A) e segundo (B) períodos de 35 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: tratamento HTO desconsiderando os peixes grandes..... 23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	10
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
2	ARTIGO CIENTÍFICO.....	15
2.1	INTRODUÇÃO.....	16
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.2.1	Material biológico e sistema de cultivo.....	18
2.2.2	Qualidade de água	19
2.2.3	Delineamento experimental	19
2.2.4	Parâmetros zootécnicos e análises estatísticas	21
2.3	RESULTADOS	21
2.4	DISCUSSÃO.....	25
2.5	CONCLUSÃO.....	34
2.6	REFERÊNCIAS	35
	REFERENCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	40

1 INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento heterogêneo é caracterizado pela variação de crescimento entre indivíduos de uma população. Em revisão, Volpato e Fernandes (1994) consideraram que mesmo existindo bases genéticas relacionadas, as interações sociais têm papel fundamental neste processo em peixes. Para tentar explicar porque conforme determinada espécie é criada em grupo as taxas de crescimento são afetadas, no entanto uma parte dos peixes tem seu crescimento suprimido e outra não, estes autores propõem como mecanismos envolvidos: a competição por alimento; fatores químicos liberados por coespecíficos; e o estresse social, tratado em termos de alterações fisiológicas decorrentes das interações sociais. Volpato e Fernande (1994) consideraram ainda que o mecanismo predominante depende do hábito social da espécie, que pode envolver a formação de hierarquias de dominância/subordinação por meio de agressões físicas e ameaças, e sugerem que o crescimento heterogêneo é uma estratégia adaptativa para otimizar a sobrevivência em espaços limitados.

Quando trutas arco-íris *Oncorhynchus mykiss* têm oferta de alimento limitada, alguns peixes apresentam taxas de ingestão maiores e mais constantes que os demais, resultando em um crescimento altamente heterogêneo, evidenciando a formação de uma hierarquia alimentar (MCCARTHY; CARTER; HOULIHAN, 1992; JOBLING e KOSKELA, 1996). Adams et al. (1998) observaram em grupos com 11 salmões do Atlântico *Salmo salar* com oferta de alimento limitada, que os dois peixes mais ativos na alimentação consumiam em média 41% da ração, e um único peixe, geralmente o maior, era responsável por 67% das interações agressivas. Com a mesma espécie, Jorgensen et al., (1996) demonstraram que mesmo a alimentação sendo ofertada em excesso, uma distribuição espacial adequada da ração pode proporcionar taxas de ingestão mais homogêneas e taxas de crescimento maiores. Kadri et al. (1996) sugerem que para evitar a monopolização por poucos indivíduos, o alimento deve ser fornecido de forma imprevisível no tempo e no espaço. Em pequenos grupos de truta marrom *Salmo trutta*, o custo-benefício em monopolizar recursos limitados pode ser influenciado pela densidade de concorrentes e pela relativa capacidade competitiva dos defensores e desafiantes (KASPERSSON; HÖJESJÖ; PEDERSEN, 2010). O aumento do número de indivíduos desafiantes parece propiciar-lhes a adoção de estratégias competitivas alternativas, provocando o aumento do número de ataques agressivos mal sucedidos realizados por indivíduos dominantes, que passam a apresentar sinais de estresse, na tentativa de defender os recursos (KASPERSSON; HÖJESJÖ; PEDERSEN, 2010).

A influência da hierarquia de dominância na heterogeneidade do crescimento de trutas do Ártico *Salvelinus alpinus* e trutas-arco-íris é mais acentuada em baixas densidades de estocagem (ALANÄRÄ e BRÄNNÄAS, 1996). O aumento da densidade parece inviabilizar a defesa constante de uma melhor posição na exploração dos recursos por um número reduzido de peixes dominantes, inibindo interações agressivas e promovendo comportamento de cardume, proporcionando taxas de ingestão individuais mais homogêneas e melhores taxas de crescimento em trutas do ártico (BROWN; BROWN; SRIVASTAVA, 1992; WALLACE; KOLBEINSHAVN; REINSNES, 1988). Juvenis de robalo europeu *Dicentrarchus labrax* também apresentam pior desempenho em baixas densidades (PAPOUTSOGLOU et al., 1998). Já em juvenis de robalo asiático *Lates calcarifer* a diminuição da densidade de estocagem pode retardar o surgimento de potenciais canibais (RIBEIRO; FORSYTHE; QIN, 2015). Com linguados *Scophthalmus maximus*, Irwin et al. (1999) registraram taxas de crescimento menores e mais heterogêneas com o aumento da densidade, sugerindo as interações sociais como causa da supressão do crescimento de parte dos peixes. Com a mesma espécie, Irwin et al. (2002) monitoraram o consumo individual de ração e verificaram que os peixes maiores apresentavam taxas de ingestão maiores e mais constantes, mostrando uma relação direta do consumo individual de ração com o crescimento heterogêneo e a formação de uma hierarquia alimentar.

Estudos com salmonídeos em pequenos grupos demonstram que além dos peixes que conquistam o status de dominantes por meio de interações agressivas garantem maior acesso ao alimento, os peixes subordinados passam a apresentar alterações comportamentais ligadas a mudanças nas monoaminas cerebrais, e estresse crônico, indicado pela elevação dos níveis de cortisol circulante, que afetam sua capacidade competitiva, causando declínio fisiológico e uma série de reações deletérias (GILMOUR; DIBATTISTA; THOMAS, 2005). Cubitt et al. (2008) verificaram que as diferenças interindividuais na concentração relativa de serotonina (5- hidroxitriptamina, 5-HT) e seu principal catabolito (ácido 5-hydroxyindoleacético, 5-HIAA) no tecido cerebral de salmões do Atlântico refletiram a organização social em criações comerciais; levando em conta que neurotransmissor/ neuromodulador da serotonina 5-HT em vertebrados é crítico para a manutenção de processos fisiológicos, cognitivos e emocionais adaptativos. Em cichlídeos *Archocentrus nigrofasciatum*, os peixes subordinados tem o funcionamento da vesícula biliar afetado, o que pode provocar disfunções gastrointestinais, prejudicando processos digestivos e metabólicos (EARLEY; BLUMER; GROBER, 2004). Gilmour et al. (2012) analisaram a influência do status social no metabolismo da glicose

hepática em trutas-arco-íris *Oncorhynchus mykiss* e verificou-se que peixes subordinados, armazenavam apenas 16% do glicogênio encontrado nos hepatócitos dos dominantes.

A comunicação através da liberação e assimilação de fatores químicos pode auxiliar na demarcação territorial além de mediar uma série de interações em peixes, sendo capaz de induzir reações fisiológicas e comportamentais (LILEY, 1982; STACEY; WISENDEN; SORENSEN et al., 2009). Esse mecanismo pode atuar na estabilização de relações de dominância hierárquica em tilápias-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (GIAQUINTO e VOLPATO, 1997; GONÇALVES-DE-FREITAS; et al 2008) e na modulação do crescimento heterogêneo em curimatás *Prochilodus lineatus* (BARBOSA e VOLPATO, 2007). Giaquinto e Volpato (2005) observaram que pintados *Pseudoplatystoma coruscans* apresentam padrões comportamentais diferentes quando expostos aos fatores químicos liberados por um coespecífico maior ou do mesmo tamanho, sugerindo o reconhecimento de um potencial agressor através desses fatores. Barcellos et al. (2011) constataram que jundiás *Rhamdia quelen* e tilápias-do-Nilo podem propagar alarmes de estresse induzindo um aumento nos níveis de cortisol circulante em coespecíficos de outro tanque através do compartilhamento de água entre os tanques em um sistemas de recirculação. Olivotto et al., (2002) demonstraram pela primeira vez com uma espécie marinha, *Diplodus sargus*, que a comunicação química pode propagar reações de estresse para os peixes em tanques com baixa densidade de estocagem ao receberem água de tanques com alta densidade.

Embora a premissa de que peixes maiores inibem o crescimento dos menores sugerir a hipótese de que a segregação dos peixes por classes de tamanho poderia melhorar o crescimento de peixes menores, estudos com a enguia europeia, *Anguilla anguilla* (KAMSTRA, 1993), linguados *Scophthalmus maximus* (SUNDE et al., 1998) e *Solea solea*, (OVERTON; STEENFELDT; PEDERSEN, 2010), e o robalo europeu *Dicentrarchus labrax* (BENHAÏM et al., 2011) não obtiveram melhora nas taxas de crescimento com este procedimento. Jobling e Reinsnes (1987) relataram que a separação de trutas do Ártico em duas classes de tamanho causou melhora no crescimento dos peixes menores, porém prejudicou o crescimento entre os maiores; e não resultou em aumento da produtividade global. Com a mesma espécie, Biirdvik e Jobling (1990) constataram o decréscimo das taxas de crescimento com a separação por tamanho. As taxas de crescimento do linguado *Solea senegalensis* (SALAS-LEITON et al., 2010) e do bacalhau do Atlântico *Gadus morhua* (LAMBERT e DUTIL, 2001) também podem ser negativamente afetadas quando segregados por classe de tamanho. Stefansson et al., (2000) segregaram linguados do atlântico *Hippoglossus hippoglossus* em três classes de tamanho e obtiveram redução de 18% na taxa

de crescimento dos peixes de médio porte quando criados separadamente dos demais. Estes autores consideram a perda de rendimento nos lotes segregados como consequência do rompimento da estrutura hierárquica, acirramento da competitividade entre peixes de tamanho similar e aumento das interações agressivas durante o estabelecimento de uma nova organização hierárquica.

Huntingford et al. (1990) constataram que a conquista do status social de dominância entre salmões do Atlântico *Salmo salar* não depende em princípio do tamanho, mas sim de propriedades comportamentais, e a vantagem em tamanho é consequência do status de dominância e não sua causa. De acordo com Sunde et al. (1998), o nível das interações sociais entre linguados *Scophthalmus maximus* médios é maior do que entre os pequenos ou grandes quando criados separadamente. Boscolo et al. (2011) observaram maior número de interações agressivas em grupos de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* de tamanho similar do que em grupos heterogêneos. E Adams et al. (1998) identificaram e retiraram diariamente o peixe mais agressivo de pequenos grupos de salmão do Atlântico, resultando no aumento das interações agressivas entre os peixes remanescentes. Com a mesma espécie, Adams et al. (2000) obtiveram melhores taxas de crescimento em grupos de cem peixes com a introdução de três peixes maiores, e observaram que embora eles tenham dominado a área de alimentação e sido responsáveis pela maioria das agressões, o número geral de interações agressivas foi maior na sua ausência.

Por outro lado, Dou et al. (2004), misturando linguados japoneses *Paralichthys olivaceus* de duas classes de tamanho na mesma proporção, verificaram que deste modo, a presença dos peixes maiores prejudicou o crescimento dos menores. Em duas divisões consecutivas de um lote de linguados do Atlântico a partir da mediana da população, Imsland et al., (2009) obtiveram melhora nas taxas de crescimento, porém recomendaram que a divisão por classes não deve produzir uma homogeneização intensa, considerando que os grupos que apresentavam maior coeficiente de variação logo após o segundo desbaste tiveram um incremento ainda maior nas taxas de crescimento. Barki et al. (2000) obtiveram taxas de crescimento maiores em percas prateada *Bidyanus bidyanus* na ausência de cinco peixes destacadamente maiores, mas nenhuma melhora ocorreu quando um grupo semelhante, também sem a presença dos maiores, foi dividido em dois grupos homogêneos, indicando que somente os peixes destacadamente maiores seriam responsáveis pela supressão do crescimento dos demais.

O robalo-flecha *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) é considerado uma espécie emergente na piscicultura (RHODY et al., 2013) e tem sido uma das principais espécies

estudadas para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil por ser uma espécie de grande porte com alto valor de mercado e devido a sua capacidade de se adaptar a diferentes salinidades, podendo ser cultivado em ambiente marinho, viveiros estuarinos e até em água doce (ALVAREZ-LAJONCHÈRE e TSUZUKI, 2008) . O robalo-flecha é uma espécie carnívora que apresenta crescimento heterogêneo e canibalismo nas fases iniciais de cultivo (DOWD e CLARKE, 1988; TUCKER, 1987, 2003). A separação de peixes por classe de tamanho é indicada para evitar mortalidade por canibalismo nas fases iniciais da piscicultura comercial de espécies piscívoras como o barramundi *Lates calcarifer* e o robalo-peva *Centropomus parallelus*, no entanto este procedimento não garante um subsequente crescimento homogêneo, exigindo a repetição periódica do manejo (SCHIPP; BOSMANS; HUMPHREY, 2007; CORRÊA; CERQUEIRA, 2007). Embora a reprodução controlada do robalo-flecha em cativeiro já tenha sido viabilizada no Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR) da Universidade Federal de Santa Catarina (PASSINI et al., 2013), seu cultivo ainda se encontra em fase experimental, e a influência da separação por classes de tamanho em sua trajetória de crescimento ainda não é conhecida.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar a influência da classificação por tamanho corporal no desempenho produtivo e estrutura populacional de juvenis de robalo-flecha.

1.1.2 Objetivos Específicos

Comparar o crescimento e a sobrevivência a partir de diferentes distribuições iniciais de tamanho para analisar o crescimento de peixes classificados como pequenos e médios.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

EFEITO DA CLASSIFICAÇÃO POR TAMANHO CORPORAL NO CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (*Centropomus undecimalis*).

Effect of body size classification on growth and survival of juvenile common snook (*Centropomus undecimalis*).

Brunno Henrique Alves Lucca¹, Vinicius Ronzani Cerqueira¹.

1 Laboratório de Piscicultura Marinha, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.

RESUMO

O crescimento heterogêneo em peixes está relacionado às interações sociais no ambiente de cultivo. A separação de peixes por classes de tamanho é recomendada para diminuir a mortalidade em espécies que apresentam altos índices de canibalismo, sobretudo nas fases iniciais de cultivo. No entanto, este procedimento não garante a homogeneidade no crescimento nos grupos segregados, exigindo sua repetição periódica. A ruptura da estrutura social hierárquica causada pela separação de peixes por classes de tamanho pode provocar o acirramento da competição entre peixes de tamanho similar e influenciar as taxas de crescimento individuais. Neste estudo, juvenis de robalo-flecha da mesma prole foram pré-classificados de acordo com o comprimento como sendo pequenos, médios ou grandes. Para comparar o desempenho de peixes pequenos e médios a partir de diferentes distribuições iniciais de tamanho, foram formados quatro tratamentos: um controle heterogêneo representando a distribuição do lote original (HTO); heterogêneo sem peixes grandes (HT-); homogêneo apenas com peixes médios (HMM); e homogêneo apenas com peixes pequenos (HMP). Os resultados indicaram haver formação de uma estrutura hierárquica de tamanhos entre juvenis de robalo-flecha, independentemente da distribuição inicial de tamanhos. A sobrevivência foi maior em HMP, mas não houve diferença significativa para sobrevivência quando os dados agrupados de HMP e HMM foram comparados com HT- e o grupo não segregado. As taxas de crescimento específico não diferiram significativamente entre os tratamentos. Entretanto, em todos os grupos segregados alguns peixes cresceram mais rápido, atingindo peso semelhante ao dos maiores peixes de HTO, enquanto outros indivíduos tiveram seu crescimento suprimido durante formação de uma nova estrutura hierárquica. Os coeficientes de variação dos tratamentos convergiram ao longo do tempo, diminuindo em HTO e aumentando nos grupos segregados, e após os 70 dias de experimento não havia diferenças significativas. Os coeficientes de assimetria também convergiram e não diferiram significativamente ao final do experimento, mas diminuiu no grupo não segregado, e as distribuições de peso final revelaram uma frequência maior de peixes pequenos nos grupos segregados. Portanto, o crescimento médio do conjunto de peixes pequenos e médios foi

semelhante independentemente dos tratamentos, porém foi mais heterogêneo nos grupos segregados.

Palavras chave: Aquicultura 1. Crescimento heterogêneo 2. Supressão do crescimento 3. Gradeamento 4.

ABSTRACT

Heterogeneous growth in fish is related to social interactions in the growing environment. Fish grading by size classes is recommended to reduce mortality in species with high rates of cannibalism, especially in the early stages of rearing. However, this procedure does not guarantee homogeneity in growth in the segregated groups, requiring its periodic repetition. The breakdown of the hierarchical social structure by body size segregation can intensify of competition among individuals of similar size and negatively affect individual growth rates. In this study common snook juveniles from the same cohort were pre-classified according the body size as small, medium or large. To compare the performance of small and medium fish from different initial size distributions, four treatments were formed: a heterogeneous control group, representing an original batch distribution (HTO); Heterogeneous without large fish (HT-); Homogeneous only with medium fish (HMM); and homogeneous only with small fish (HMP). The results indicate that a hierarchical layer structure was formed among common snook juveniles, regardless of the initial distribution. Survival was greater in HMP, but no significant difference was observed for survival when the pooled data of HMP and HMM were compared to HT- and the non-graded group. The specific growth rates did not differ significantly between treatments. However, in all size manipulated groups, some fish to grow faster and reach similar weight to the larger fish in HTO group, while other individuals had their growth suppressed during the formation of a new hierarchical structure. The coefficients of variation converged among treatments with time, decreasing in HTO and increasing in the segregated groups, and after 70 days of the experiment there were no significant differences between treatments. Skewness of treatments also converged and did not differ significantly at the end of the experiment, but reduced in the non-segregated group and the final weight distributions revealed a higher frequency of smaller fish in the segregated groups. Therefore, the average growth of the small and medium fish set was similar regardless of the treatments, but was more heterogeneous in the segregated groups.

Keywords: Aquaculture 1. Heterogeneous growth 2. Growth suppression 3. Size grading 4.

2.1 INTRODUÇÃO

O crescimento heterogêneo é caracterizado pela variação do crescimento entre os indivíduos em uma população. Mesmo existindo bases genéticas relacionadas, as interações sociais tem papel fundamental neste processo em peixes (Imsland et al., 1998; Volpato & Fernandes, 1994). Para explicar o que chamaram de controle social do crescimento, Volpato e Fernandes (1994) propuseram como mecanismos envolvidos: a competição por alimento; fatores químicos liberados por coespecíficos; e o estresse social, tratado em termos de

alterações fisiológicas decorrentes das interações sociais. Estes mesmos autores consideram que o mecanismo predominante depende do hábito social da espécie, que pode envolver a formação de hierarquias de dominância/subordinação por meio de agressões físicas e ameaças, e o crescimento heterogêneo como uma estratégia adaptativa para otimizar a sobrevivência em espaços limitados.

Embora haja a premissa de que peixes dominantes se tornam maiores e inibem o crescimento dos subordinados (Gilmour et al., 2005), a hipótese de que a segregação de peixes em classes de tamanho pode melhorar a produtividade é controversa. Em estudos com a enguia europeia, *Anguilla anguilla* (Kamstra, 1993), linguados *Scophthalmus maximus* (Sunde et al., 1998) e *Solea solea*, (Overton et al., 2010), e robalo europeu *Dicentrarchus labrax* (Benhaïm et al., 2011). Além disso, estudos com trutas do ártico *Salvelinus alpinus* (Baardvik e Jobling, 1990), bacalhau do Atlântico *Gadus morhua* (Lambert e Dutil, 2001) e linguados *Hippoglossus hippoglossus* (Stefansson et al., 2000) e *Solea senegalensis* (Salas-Leiton et al., 2010) constataram prejuízo nas taxas de crescimento quando os peixes foram segregados. Estes autores consideram a perda de rendimento nos lotes segregados como consequência do rompimento da estrutura hierárquica, acirramento da competitividade entre peixes de tamanho similar e aumento das interações agressivas durante o estabelecimento de uma nova organização hierárquica. Por outro lado, Imsland et al., (2009) relataram melhora nas taxas de crescimento com a separação de linguados do Atlântico *Hippoglossus hippoglossus* por tamanho, porém recomendaram que a homogeneização não deve ser intensa, uma vez que os grupos segregados que apresentavam maior coeficiente de variação inicial tiveram um incremento ainda maior nas taxas de crescimento. E Barki et al. (2000) obtiveram taxas de crescimento maiores em percas prateadas *Bidyanus bidyanus* na ausência de cinco peixes destacadamente maiores, mas nenhuma melhora ocorreu quando um grupo semelhante, também sem a presença dos maiores, foi separado em dois grupos homogêneos, indicando que somente os peixes destacadamente maiores seriam responsáveis pela supressão do crescimento dos demais.

O robalo-flecha, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792), é considerado uma espécie emergente na piscicultura marinha nas Américas devido a sua importância comercial e ampla distribuição na costa Atlântica (Rhody et al., 2013), mas seu cultivo ainda se encontra em escala experimental. Trata-se de uma espécie carnívora que apresenta crescimento amplamente heterogêneo e canibalismo (Dowd e Clarke, 1988; Tucker, 1987, 2003). A separação de peixes por classes de tamanho é indicada para evitar a mortalidade por canibalismo nas fases iniciais do cultivo em espécies piscívoras como o robalo asiático, *Lates*

calcarifer (Schipp et al., 2007), e o robalo-peva *Centropomus parallelus* (Corrêa e Cerqueira, 2007), entretanto este procedimento não garante um crescimento homogêneo, exigindo sua repetição periódica. Além disso, pouco se sabe sobre o efeito da separação por classe de tamanho na trajetória de crescimento de juvenis nas fases iniciais de cultivo. Desta forma, este estudo teve como objetivo investigar a influência da classificação por tamanho corporal no desempenho zootécnico e estrutura populacional de juvenis de robalo-flecha.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Material biológico e sistema de cultivo

O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR) da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, Santa Catarina, Brasil). Foram utilizados 480 juvenis de robalo-flecha *C. undecimalis* ($0,71 \pm 0,34$ g e $4,2 \pm 0,68$ cm) com seis meses de idades, da mesma prole, obtida a partir de reprodução em cativeiro realizada no LAPMAR seguindo metodologia de Passini et al (2013). Antes do experimento, os peixes estavam em um tanque de 4.000 L em fluxo de água aberto, temperatura 24 °C, contendo cerca de 8.000 peixes.

Os peixes foram selecionados e distribuídos pelos tratamentos em doze tanques circulares de 150 L, dispostos em quatro sistemas de recirculação iguais, com três tanques cada. Os sistemas eram equipados com filtros mecânico e biológico, esterilizador ultravioleta, fracionador de espuma e aquecedores, com fluxo de água de 1 L min⁻¹, sob fotoperíodo de 10L:14E, provido por luz artificial fluorescente, com acendimento automático abrupto e intensidade de 150 lux na superfície dos tanques. Os peixes passaram por um período de aclimação de dois dias antes do início do experimento. Durante este período a temperatura foi elevada gradativamente até atingir 31 °C. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8 h 30 min, 11 h 30 min, 14 h 30 min e 17 h 30 min) com ração comercial (NRD 1,2 mm, INVE Aquaculture, Bélgica) até a saciedade aparente durante o período de aclimação e por mais 70 dias de experimento. Além da biometria inicial foram realizadas uma biometria na metade (35 dias), e outra ao fim (70 dias) do experimento. A quantidade de ração ofertada diariamente foi quantificada pela diferença de peso (precisão de 0,01 g) de recipientes idênticos e identificados (um para cada tanque), onde foi armazenada a ração a ser ofertada. Nas biometrias realizadas todos os peixes foram anestesiados com Benzocaína (60 mg L⁻¹), e pesados (precisão de 0,01 g) e medidos (precisão de 0,1 cm) individualmente.

Todos os procedimentos utilizados neste estudo foram aprovados pelo comitê de ética para uso animal (PP00861/CEUA/PROPESQ/UFSC/2013).

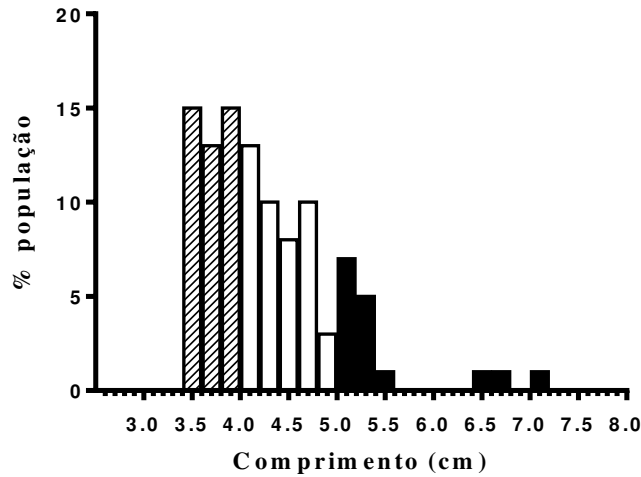
2.2.2 Qualidade de água

Os parâmetros monitorados foram: Temperatura e oxigênio dissolvido (OD) duas vezes ao dia com oxímetro portátil (HI 9146, HANNA Instruments Brasil, São Paulo, Brasil); salinidade diariamente com refratômetro portátil (Instrutherm RTS-101ATC-03137, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., São Paulo, Brasil); pH duas vezes por semana com pHmetro portátil (AT 315 Microprocessado, Alfakit Ltda, Florianópolis, Brasil); amônia e nitrito com os métodos de Indofenol e Diazotação (Parsons et al., 1984) e alcalinidade (APHA, 2005) foram monitorados semanalmente. Os parâmetros de qualidade de água foram semelhantes em todas as unidades experimentais ao longo do experimento, com valores médios de temperatura: $31,13 \pm 0,02$ °C; OD: $5,27 \pm 0,02$ mg L⁻¹; salinidade: $34,77 \pm 1,38$; pH: $8,28 \pm 0,23$; amônia $0,27 \pm 0,21$ mg L⁻¹; nitrito: $0,32 \pm 0,07$ mg L⁻¹; e ; alcalinidade: $112 \pm 1,43$. Cerca de 10 a 15% da água dos sistemas de recirculação foi reposta diariamente por conta de sifonamento para retirada de fezes e sobra de ração, e evaporação, e 100% da água de todos os sistemas foi trocada durante a biometria intermediária (35 dias).

2.2.3 Delineamento experimental

A distribuição de frequência do lote original foi analisada através de uma biometria amostral (n = 100), a partir da qual os peixes foram pré-classificados pelo comprimento total em três classes de tamanho como sendo pequenos: até 4 cm (42,5 %), médios: acima de 4 cm até 5 cm (42,5 %); e grandes: acima de 5cm (15 %); (Figura 1).

Figura 1. Distribuição de frequência de comprimento da população original de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) utilizados no experimento. Destacam-se as classes selecionadas para a formação dos tratamentos. Barras listradas: pequenos; barras brancas: médios; e barras pretas: grandes.



Os peixes foram então selecionados individualmente formando quatro tratamentos: heterogêneo original (HTO), composto pelas três classes de tamanho ($0,70 \pm 0,34\text{g}$ e $4,2 \pm 0,68\text{cm}$), representando a distribuição do lote original (controle); tratamento heterogêneo sem peixes grandes (HT-), composto por pequenos e médios ($0,57 \pm 0,15\text{ g}$ e $4,0 \pm 0,41\text{ cm}$); tratamento homogêneo médio (HMM), somente com peixes médios ($0,68 \pm 0,11\text{ g}$ e $4,3 \pm 0,25\text{ cm}$); e tratamento homogêneo pequeno (HMP), somente com peixes pequenos ($0,45 \pm 0,06\text{ g}$ e $3,7 \pm 0,16\text{ cm}$). Cada tratamento estava em um sistema de recirculação independente com três repetições (40 peixes por tanque). Nos tratamentos heterogêneos, guardou-se a mesma proporção entre as classes do lote original. Deste modo, a composição do tratamento HTO foi de 42,5 % de peixes pequenos ($n = 17$), 42,5 % médios ($n = 17$), e 15 % de peixes grandes ($n = 6$); e do tratamento HT- com 50 % peixes pequenos ($n = 20$) e 50 % peixes médios ($n = 20$). Todos os peixes foram medidos, pesados e selecionados individualmente de forma a garantir gradientes de tamanho semelhantes aos encontrados dentro de cada classe de tamanho no lote original em todas as repetições de cada tratamento. No tratamento HTO cada repetição recebeu entre os seis peixes grandes, apenas um peixe destacadamente maior, entre 6,5 e 7 cm ($2,13 - 2,4\text{g}$), cuja frequência foi de apenas 3 % na biometria prévia do lote original.

Os peixes não foram marcados individualmente. Portanto, além da comparação entre os tratamentos, foi comparado o desempenho produtivo de peixes pequenos e médios em conjunto, utilizando os dados agrupados (média ponderada) dos dois tratamentos (HMP +

HMM = HM+) ($0,56 \pm 0,14\text{g}$ e $4,0 \pm 0,39\text{ cm}$), e os dados do tratamento HTO desconsiderando os seis maiores peixes (HTO-) ($0,58 \pm 0,16\text{ g}$ e $4,0 \pm 0,41\text{cm}$), assumindo que esses peixes mantiveram seus postos, no topo do ranking, ao longo de todo o experimento. Deste modo, foi comparado o desempenho produtivo entre o tratamento HT- e os sub-tratamentos HM+ e HTO- descritos acima.

2.2.4 Parâmetros zootécnicos e análises estatísticas

Os parâmetros zootécnicos analisados foram: sobrevivência (%), taxa de crescimento específico (TCE) = $100 \times [(\ln \text{ peso final médio} - \ln \text{ peso inicial médio})/\text{tempo}]$; ganho de biomassa relativo (GBR) = $[(\text{biomassa final} - \text{biomassa inicial})/\text{biomassa inicial}] \times 100$; ganho de peso médio = peso médio final – peso médio inicial; coeficiente de variação do peso (CV) = $100 \times (\text{desvio padrão}/ \text{peso médio})$; coeficiente de assimetria da distribuição de peso (skew), calculado pelo programa STATISTICA 7 (Stat Soft Inc., USA); índice de conversão alimentar (ICA) (consumo de ração/ganho de peso); e taxa de alimentação aparente (TAA) = (consumo de ração/biomassa) $\times 100$, sendo que para estimar TAA no início do experimento foi utilizada a média do consumo do primeiro e segundo dia de experimento dividido pela biomassa inicial, e para os valores obtidos ao final de cada período experimental foi utilizada a média do consumo registrado nos dois dias anteriores à biometria, dividida pela biomassa registrada na biometria.

As análises estatísticas foram realizadas no software STATISTICA 7 (Stat Soft Inc., USA), utilizando a análise variância (ANOVA-unifatorial) e teste de Duncan para comparação de médias, quando encontradas diferenças significativas, e teste Kruskal-Wallis para dados não paramétricos, todos com nível de significância de 5%. Os dados que expressam proporção foram transformados em arco-seno da raiz quadrada, antes de serem analisados.

2.3 RESULTADOS

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para a taxa de crescimento específico ao final de ambos os períodos do experimento. Os valores diminuíram do primeiro ($5,57 \pm 0,19\%$ dia-1) para o segundo período ($1,62 \pm 0,16\%$ dia-1) em todos os tratamentos (Tabelas 1). No primeiro período, o ganho de peso relativo foi significativamente maior nos tratamentos HT- e HMP em relação HMM e HTO (Tabelas 1A). No entanto, não houve

diferença significativa entre HT- e HM+. E este último, não diferiu significativamente do grupo de HTO ou HTO- (Tabela 2A). O ganho de peso relativo diminuiu em todos os tratamentos no segundo período, e foi significativamente maior em HMP e HM+ em relação à HTO ou HTO- (Tabelas 1 B e 2 B) segundo a ANOVA quando o tratamento HT-, que apresentou variância diferente dos demais grupos segundo o teste de Levene, foi excluído da análise. O teste de Kruskal-Wallis incluindo HT- não detectou diferenças significativas (Tabela 1 B e 2 B).

Tabela 1. Média \pm desvio padrão de parâmetros zootécnicos de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estocados com diferentes distribuições iniciais de tamanho após primeiro (A) e segundo (B) períodos de 35 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; e HMM: homogêneo com peixes médios.

A Primeiro período (dia 35)				
	Tratamentos			
Parâmetros zootécnicos	HTO	HT-	HMM	HMP
Comprimento médio (cm)	8,1 \pm 0,40 ^a	7,7 \pm 0,14 ^b	8,0 \pm 0,18 ^{ab}	7,4 \pm 0,11 ^c
Peso médio (g)	4,68 \pm 0,40 ^a	4,13 \pm 0,27 ^b	4,50 \pm 0,29 ^{ab}	3,38 \pm 0,16 ^c
Ganho de peso médio (g)	3,84 \pm 0,14 ^a	3,56 \pm 0,26 ^{ab}	3,82 \pm 0,29 ^a	2,93 \pm 0,17 ^c
GBR (%)	541 \pm 23 ^b	618 \pm 58 ^a	548 \pm 33 ^b	631 \pm 30 ^a
TCE (% dia ⁻¹)	5,42 \pm 0,17	5,67 \pm 0,17	5,41 \pm 0,18	5,75 \pm 0,19
ICA	0,92 \pm 0,04	0,91 \pm 0,05	0,89 \pm 0,07	0,90 \pm 0,05
Sobrevivência (%)	95,83 \pm 3,82	98,33 \pm 2,89	97,50 \pm 2,5	100
B Segundo período (dia 70)				
	Tratamentos			
Parâmetros zootécnicos	HTO	HT-	HMM	HMP
Comprimento total (cm)	9,8 \pm 0,18 ^a	9,4 \pm 0,37 ^{ab}	9,9 \pm 0,21 ^a	9,1 \pm 0,28 ^b
Peso médio (g)	7,87 \pm 0,56 ^a	7,25 \pm 0,16 ^{ab}	8,1 \pm 0,51 ^a	6,21 \pm 0,53 ^b
Ganho de peso médio (g)	3,19 \pm 0,31	3,12 \pm 0,93	3,59 \pm 0,24	2,83 \pm 0,38
GBR (%)*	65 \pm 7 ^b	65 \pm 24	77 \pm 8 ^{ab}	82 \pm 6 ^a
TCE (% dia ⁻¹)	1,48 \pm 0,13	1,59 \pm 0,30	1,67 \pm 0,05	1,73 \pm 0,12
ICA	1,66 \pm 0,17	2,21 \pm 0,97	1,46 \pm 0,14	1,58 \pm 0,13
Sobrevivência (%)	94,17 \pm 2,9 ^b	92,50 \pm 4,33 ^b	95,8 \pm 1,44 ^b	99,17 \pm 1,44 ^a

GPR: ganho de peso relativo; TCE: taxa de crescimento específico; ICA: índice de conversão alimentar. Letras diferentes indicam diferença significativa segundo ANOVA ($P < 0,05$). * HT- foi excluído da ANOVA para GPR no segundo período; o teste de Kruskal-Wallis incluindo HT- não detectou diferenças significativas. Todos os parâmetros foram calculados com base no início de cada período, exceto a sobrevivência no segundo período, que contabiliza a mortalidade acumulada nos dois períodos.

A taxa de alimentação aparente também diminuiu ao longo do tempo, e foi significativamente maior em HMP em relação à HMM no início do experimento, e em HT- em relação à HTO e HMM no início e na metade do experimento (Figura 2). Não houve diferença significativa para conversão alimentar, e os valores foram maiores no segundo

período (Tabelas 1 e 2). A variância dos índices conversão alimentar em HT- também impossibilitou sua comparação por ANOVA no segundo período, no entanto não houve diferenças significativas apontadas pela ANOVA sem HT-, nem pelo teste de Kruskal-Wallis. Os valores dos índices de conversão alimentar das repetições de HT- foram de 1,45, 1,88 e 3,30. Os dados de conversão alimentar acumulada foram homocedásticos incluindo HT-, e não diferiram significativamente; a média de todos os tratamentos foi de $1,2 \pm 0,14$.

Tabela 2. Média \pm desvio padrão de parâmetros zootécnicos de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estocados com diferentes distribuições iniciais de tamanho após primeiro (A) e segundo (B) períodos de 35 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: tratamento HTO desconsiderando os peixes grandes.

Parâmetros zootécnicos	A Primeiro período (dia 35)		Sub-tratamentos	
	HTO	HT-	HM+	HTO-
Comprimento médio (cm)	8,1 \pm 0,40 ^a	7,7 \pm 0,14 ^b	7,7 \pm 0,14 ^b	7,8 \pm 0,22 ^{ab}
Peso médio (g)	4,68 \pm 0,40 ^a	4,13 \pm 0,27 ^b	3,94 \pm 0,21 ^b	4,12 \pm 0,29 ^b
Ganho de peso médio (g)	3,84 \pm 0,14 ^a	3,56 \pm 0,26 ^{ab}	3,37 \pm 0,21 ^b	3,53 \pm 0,28 ^{ab}
GBR (%)	541 \pm 23 ^b	618 \pm 58 ^a	581 \pm 31 ^{ab}	559 \pm 23 ^b
TCE (% dia ⁻¹)	5,42 \pm 0,17	5,67 \pm 0,17	5,55 \pm 0,17	5,53 \pm 0,14
ICA	0,92 \pm 0,04	0,91 \pm 0,05	0,91 \pm 0,03	-
Sobrevivência (%)	95,83 \pm 3,82	98,33 \pm 2,89	98,75 \pm 1,25	95,10 \pm 4,49
Parâmetros zootécnicos	B Segundo período (dia 70)		Sub-tratamentos	
	HTO	HT-	HM+	HTO-
Comprimento total (cm)	9,8 \pm 0,18	9,4 \pm 0,37	9,5 \pm 0,22	9,5 \pm 0,18
Peso médio (g)	7,87 \pm 0,56	7,25 \pm 0,16	7,14 \pm 0,47	6,95 \pm 0,40
Ganho de peso médio (g)	3,19 \pm 0,31	3,12 \pm 0,93	3,21 \pm 0,27	2,83 \pm 0,23
GBR (%)*	65 \pm 7 ^b	65 \pm 24	79 \pm 4 ^a	65 \pm 6 ^b
TCE (% dia ⁻¹)	1,48 \pm 0,13	1,59 \pm 0,30	1,70 \pm 0,05	1,50 \pm 0,12
ICA	1,66 \pm 0,17	2,21 \pm 0,97	1,52 \pm 0,08	-
Sobrevivência (%)	94,17 \pm 2,89	92,50 \pm 4,33	97,49 \pm 1,25	93,14 \pm 3,39

GPR: ganho de peso relativo; TCE: taxa de crescimento específico; ICA: índice de conversão alimentar. Letras diferentes indicam diferença significativa segundo ANOVA ($P < 0,05$). * HT- foi excluído da ANOVA para GPR no segundo período; o teste de Kruskal-Wallis incluindo HT- não detectou diferenças significativas. Todos os parâmetros foram calculados com base no início de cada período, exceto a sobrevivência no segundo período, que contabiliza a mortalidade acumulada nos dois períodos.

Não houve diferenças significativas para sobrevivência no primeiro período (Tabelas 1 A e 2 A). Ao final do experimento, considerando a mortalidade acumulada nos dois períodos, a sobrevivência foi significativamente maior em HMP (Tabela 1 B), mas não em HM+, em relação à HT- HTO ou HTO- (Tabela 2 B). Houve mortalidade durante os dois períodos do experimento nos tratamentos HTO, HT- e HMM, enquanto em HMP ocorreu

apenas na última semana, com a uma morte em uma das repetições. Todos os peixes mortos foram recolhidos dos tanques, e não apresentaram sinais claros de agressão ou tentativa de canibalismo.

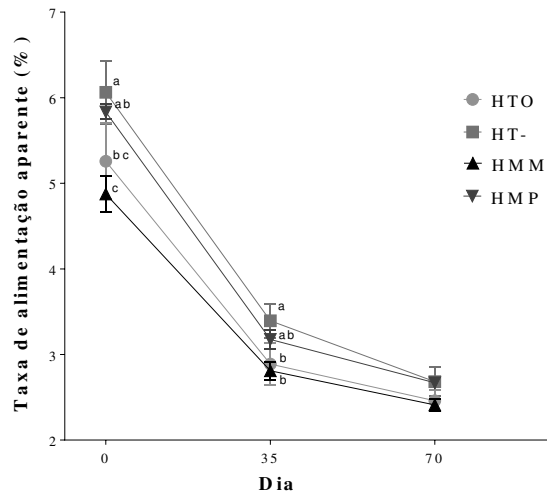
O coeficiente de variação de peso diminuiu em HTO e aumentou nos demais tratamentos. Após 35 dias o CV ainda era significativamente maior em HTO em relação à HMP e HMM, mas não havia diferenças significativas entre os tratamentos ao final do experimento (Figura 3 A). O CV de HM+ apresentou uma variação semelhante à de HT-, e ambos foram significativamente maiores que HTO- ao final do experimento (figura 3 B).

O coeficiente de assimetria diminuiu significativamente em HTO no primeiro período, aumentou em HMM e HMP no segundo período, e manteve-se próxima aos valores iniciais em HT-. Ao final do experimento não havia diferenças significativas entre os tratamentos (figura 4 A). A assimetria em HM+, HT- e HTO- não diferiram significativamente, no entanto apresentaram grandes desvios ao final do experimento (Figura 4 B).

As distribuições de frequência de peso (Figura 5) mostram que ao final do primeiro período (35 dias) os menores peixes de todos os tratamentos estavam com peso em torno de 2 g, inclusive em HMM. Neste momento as distribuições de HM+ e HT- eram parecidas, com pico em torno de 4 g, porém em HT- havia maior frequência de peixes no final da distribuição, entre 7 e 8 g, do que em HM+. A distribuição de HTO continha peixes maiores do que em HT- e HM+, entre 8 e 12 g. A amplitude da distribuição apresentada em HTO- era semelhante à de HT- e HM+, mas o pico de frequência era dividido em peixes de 4 e 5 g, e os maiores peixes não ultrapassaram 7 g.

Ao final do segundo período, as distribuições de todos os tratamentos também iniciavam com peixes do mesmo tamanho, em torno de 3g, mas a amplitude das distribuições de HT- e HMM, logo também a de HM+, atingiram amplitudes próximas à de HTO, com alguns peixes de HT- chegando a ultrapassar o peso do maior peixe de HTO. No entanto, em HT- e HM+ havia mais peixes com até 6g, cerca de 40%, enquanto os peixes nesta faixa de peso correspondiam a 26,5 % da população em HTO ou 31,6 % em HTO-. Já a porcentagem de peixes entre 6 e 9g era de 48,7 % em HTO ou 57,9 % em HTO-, e 31,5 % em HT- e 39,3% em HM+. Peixes entre 9 e 12g eram 15 % em HTO ou 10,5 em HTO-, e 21,6 em HT- e 15,4 em HM+. Em HTO- não havia peixes acima de 12g, e peixes a acima deste peso correspondiam a 9,7 % da população em HTO; 6,3 % em HT-; 6 % em HM+, 11,3 % em HMM. A distribuição de HMP chegou a ultrapassar a de HTO-, com 0,8 % de peixes acima de 12 gramas.

Figura 2. Taxa de alimentação aparente (% biomassa dia-1) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) no início, com 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios.

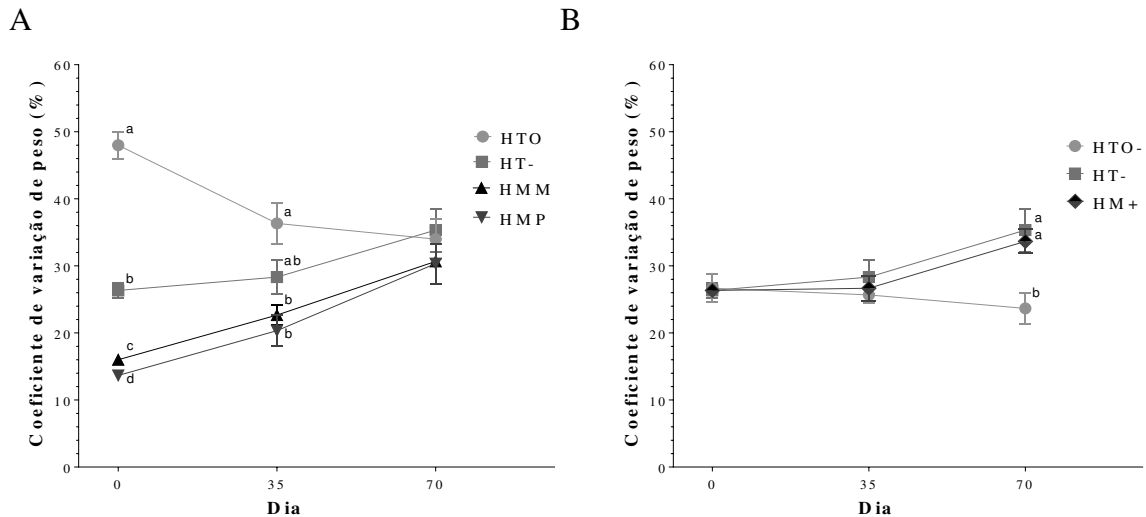


2.4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam a formação de uma estrutura social hierárquica de tamanhos entre os juvenis de robalo-flecha independentemente da distribuição inicial. Embora as taxas de crescimento específico não tenham diferido significativamente, as distribuições de peso final e as diferenças significativas para ganho de peso relativo, taxa de alimentação aparente e sobrevivência indicam que a segregação causou a ruptura da estrutura hierárquica original, e que estas diferenças estão relacionadas ao nível de competição nos grupos segregados durante o processo reestruturação hierárquica, de acordo com a potencialidade dos peixes de cada classe de tamanho. Os coeficientes de variação convergiram, diminuindo em HTO e aumentando nos grupos segregados, onde uma parte dos peixes cresceu mais rápido, com alguns chegando a alcançar o peso dos maiores peixes de HTO no final do segundo período, enquanto a presença de peixes classificados como grandes no início do experimento, em HTO, impediu que mais peixes se destacassem em tamanho. No entanto, nos grupos segregados, enquanto alguns peixes tiveram melhor crescimento, outros tiveram seu crescimento suprimido durante o estabelecimento de uma nova estrutura hierárquica, sobretudo em HMM, resultando em taxas de crescimento específico e peso médio semelhantes entre HTO-, HT- e HM+ ao final dos dois períodos do experimento, e menor coeficiente de variação em HTO- indica que o crescimento foi mais homogêneo entre os peixes pequenos e médios em HTO. Porém, apesar da assimetria das distribuições de peso final não tenha diferido estatisticamente, a assimetria em HTO- tendeu a uma redução, e os

histogramas de frequência revelaram uma tendência a maior frequência de peixes entre os menores da população em HT- e HM+.

Figura 3. Coeficiente de variação de peso (média \pm desvio padrão) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) no início e com 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: tratamento HTO desconsiderando os peixes grandes.



Os resultados deste estudo indicam a formação de uma estrutura social hierárquica de tamanhos entre os juvenis de robalo-flecha independentemente da distribuição inicial. Embora as taxas de crescimento específico não tenham diferido significativamente, as distribuições de peso final e as diferenças significativas para ganho de peso relativo, taxa de alimentação aparente e sobrevivência indicam que a segregação causou a ruptura da estrutura hierárquica. A maioria é o fenômeno mais comum na heterogeneidade do crescimento em peixes. Estudos com salmonídeos demonstram que além dos peixes que conquistam o status de dominância por meio de interações agressivas garantem maior acesso ao alimento, os peixes subordinados passam a apresentar alterações comportamentais ligadas a alterações nas concentrações de monoaminas cerebrais e estresse crônico, indicado pela elevação dos níveis de cortisol circulante, afetando sua capacidade competitiva, inibindo o apetite, causando declínio fisiológico e uma série de reações deletérias (Gilmour et al., 2005). Cubitt et al. (2008) verificaram que as diferenças interindividuais na concentração relativa de serotonina (5- hidroxitriptamina, 5-HT) e seu principal catabolito (ácido 5-hydroxyindoleacético, 5-HIAA) no tecido cerebral, refletem a organização social do salmão atlântico em criações comerciais; considerando que neurotransmissor/neuromodulador da serotonina 5-HT em vertebrados é crítico para a manutenção de processos fisiológicos, cognitivos e emocionais

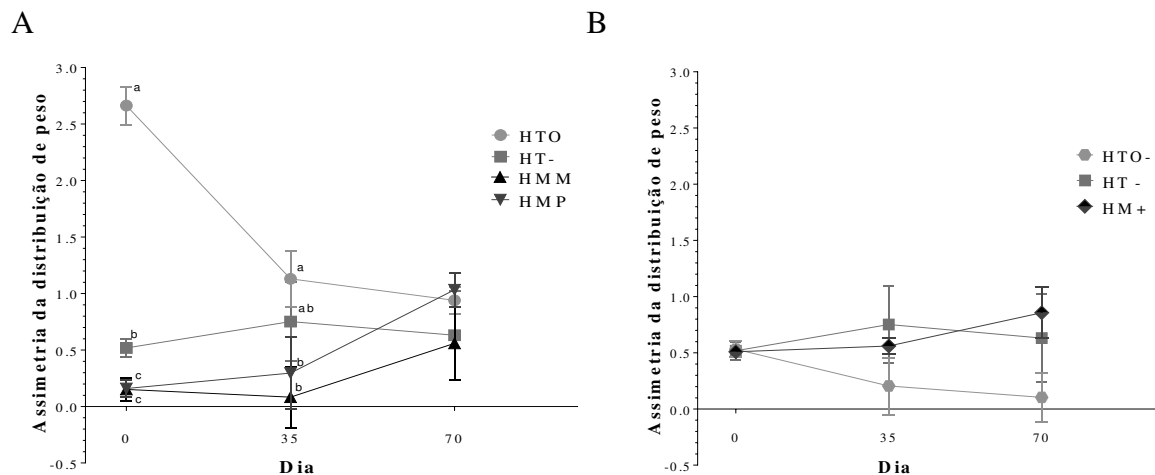
adaptativos. Gilmour et al. (2012) analisou a influência do status social no metabolismo da glicose hepática em trutas-arco-íris *Oncorhynchus mykiss* e verificou que peixes subordinados armazenavam apenas 16% do glicogênio encontrado nos hepatócitos dos dominantes, com resultados semelhantes em peixes em jejum e tratados com cortisol. Em ciclídeos *Archocentrus nigrofasciatum*, os peixes subordinados têm o funcionamento da vesícula biliar afetado, o que pode provocar disfunções gastrointestinais e prejudicar processos digestivos e metabólicos (Earley et al., 2004).

No primeiro período o maior GPR de HT- foi acompanhado de TAAs maiores, e o maior GPR de HMP acompanhado de uma TAA maior do que a de HMM no início do experimento. No segundo período, apenas o GPR de HMP foi significativamente maior que o de HTO, mas não em relação à HMM, gerando um GPR significativamente maior em HM+. Estes resultados indicam havia uma estrutura hierárquica no lote original, de certo modo mantida em HTO, onde a presença de peixes grandes impôs restrições alimentares ao restante do grupo desde o início do experimento, e que o rompimento desta estrutura tanto em HT- quanto em HMM e HMP, possibilitou que parte dos peixes tivesse maior acesso a ração. Porém, em HMM, parte dos peixes passou a sofrer restrições mais severas do que os peixes médios sofreram em HTO, provavelmente devido a um maior nível de interações sociais na disputa por status de dominância no início do experimento. Enquanto que em HT-, que era composto por 50% de peixes pequenos, presumivelmente esta disputa foi menos acirrada, e as restrições mais severas recaíram sobre os peixes pequenos.

De acordo com Imsland et al. (1998; 2009), embora a separação de peixes por classes de tamanho promova o acirramento da competitividade, há indicativos de que conforme hierarquias estáveis são formadas, elas tendem a prevalecer ao longo do tempo, e nesses grupos os peixes crescem melhor do que em grupos onde a estrutura hierárquica ainda não foi resolvida. Imsland et al. (2009) verificaram em linguados *Scophthalmus maximus*, que os grupos segregados que tinham maiores coeficientes de variação logo após o separação tiveram melhor desempenho que grupos mais homogêneos, e recomendaram que a espécie não deve ser intensamente homogeneizada. Boscolo et al. (2011) registraram maior número de interações agressivas em grupos de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus* de tamanho similar do que grupos heterogêneos. Adams et al. (1998) identificaram e retiraram diariamente o peixe mais agressivo de pequenos grupos de salmão do atlântico *Salmo salar*, resultando no aumento das interações agressivas entre os peixes remanescentes. Com a mesma espécie, Adams et al. (2000) obtiveram melhores taxas crescimento em grupos de cem peixes com a introdução de três peixes maiores, e registraram que embora os peixes introduzidos tenham

dominado a área em volta do alimentador e sido responsáveis pela maioria das agressões, o número de interações agressivas foi maior na ausência dos mesmos. Sunde et al. (1998) constataram que o reparticionamento do ranking de tamanhos entre linguados *Scophthalmus maximus* médios, criados separadamente, foi maior do que nos grupos de peixes pequenos, grandes ou não segregados, e concluíram o nível das interações sociais foi maior neste grupo. Stefansson et al. (2000) obtiveram TCEs 18% menores quando linguados do atlântico *Hippoglossus hippoglossus* médios foram criados separadamente, do que quando criados junto com peixes pequenos ou grande.

Figura 4. Coeficiente de assimetria da distribuição de peso (média \pm desvio padrão) de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) no início e com 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: tratamento HTO desconsiderando os peixes grandes.



No caso de HMP, a maior TAA em relação HMM no início do experimento, e o maior GPR em ambos os períodos, podem ter sido possibilitados devido à capacidade de exercer relações de dominância e impor restrições entre os peixes deste grupo, ser relativa às suas habilidades competitiva, que já havia lhes rendido um menor crescimento no lote original. De modo que os peixes que passaram a se destacar em tamanho neste grupo não foram capazes de impor restrições ainda maiores do que os peixes pequenos sofreram em HTO e HT-. Jobling e Reinsnes (1987), relataram que a separação de trutas do ártico *Salvelinus alpinus* em duas classes de tamanho melhorou o crescimento dos peixes menores, porém prejudicou o crescimento entre os maiores, não resultando em aumento da produtividade global. Com linguados *Scophthalmus maximus* divididos em três classes de tamanho, Imsland et al. (1998) concluíra que diferentes tipos de hierarquia podem ser formados a partir de grupos de diferentes classes de tamanho. Metcalfe et al. (1995)

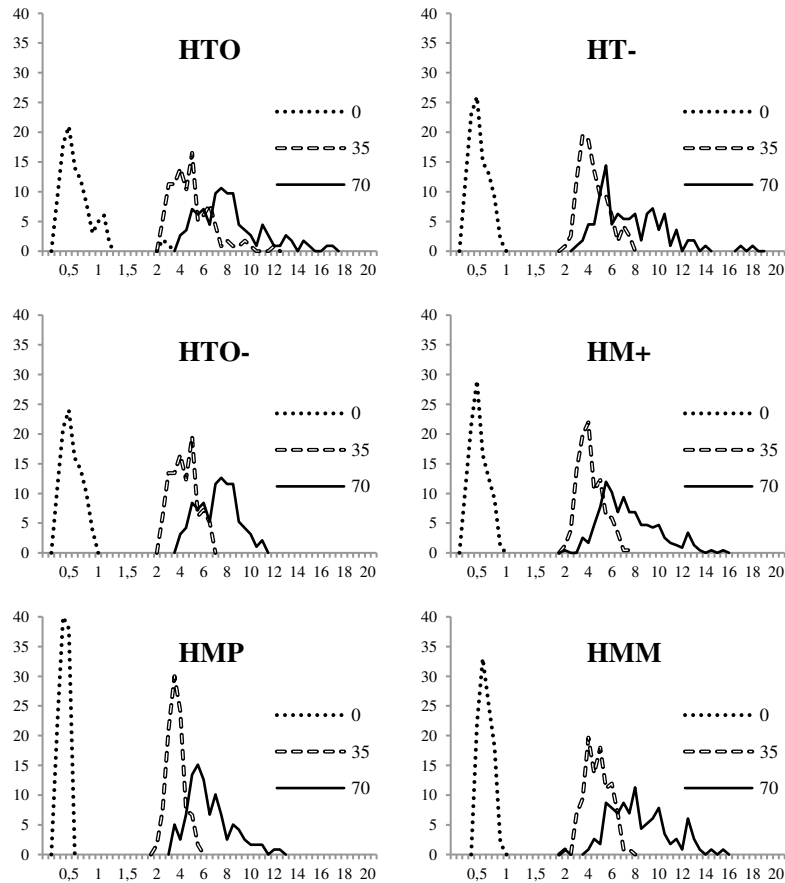
verificaram em salmões do Atlântico, que quanto maior a taxa metabólica padrão (TMP), maior é a habilidade do peixe em exercer dominância sobre o grupo. Com a mesma espécie, Cutts et al. (1998) segregaram os peixes com base nas diferenças interindividuais da TMP, e o grupo de peixes com TMP baixa apresentou menos interações agressivas do que o grupo com alta TMP e o controle não segregado. Estes autores associaram este resultado a distinção entre status absoluto e relativo, feita por Metcalfe et al. (1990), que definiu o status absoluto como a habilidade inerente de um peixe a dominar os conspecíficos em um grupo grande, e o status relativo como a capacidade de um peixe ser dominante dependendo da qualidade e tamanho do grupo. A sobrevivência foi significativamente maior HMP somente no final do experimento, mas não ocorreram mortes no primeiro período, e apenas um peixe morreu em uma das repetições na última semana de experimento, o que também contribuiu para o maior GPR no final do experimento, e indica que as interações sociais entre os peixes desse grupo não foram capazes de gerar consequências negativas tão severas durante os 70 dias de experimento como nos demais tratamentos, onde a mortalidade se distribuiu ao longo de todo o experimento e na maioria dos casos foi possível observar que antes de morrer os peixes deixaram de se alimentar e passaram a apresentar alterações na coloração do corpo e dos olhos, além de comportamento isolado do cardume, indicando mortalidade relacionada a interações sociais. Mudanças na coloração do corpo e dos olhos são indicativos de stress social em salmonídeos (Gilmour et al., 2005; Kaspersson et al., 2010). No entanto, durante a última semana do primeiro período, foi identificado um padrão de interação social ocorrendo em todas as repetições de HPM, que consistia em consecutivos períodos curtos de aparente perseguição/fuga generalizada em alta velocidade, interrompendo por vezes a atividade alimentar abruptamente, e as TAAs de HMP e HMM foram semelhantes ao final do primeiro período. No mais, o comportamento alimentar variou entre as repetições, independentemente dos tratamentos. Em alguns tanques a atividade alimentar era dispersa por toda a área do tanque, em outros todos os peixes adotavam uma formação em cardume condensado, concentrando-se em uma atividade alimentar unidirecional e aparentemente ordenada. Raramente, quando a atividade alimentar era dispersa, houve casos em que algum peixe maior interferiu na atividade alimentar de outros, induzindo que parte dos peixes se recolhesse em formação de cardume, interrompendo a alimentação momentaneamente ou em determinada região do tanque, mas não foram observadas agressões físicas nítidas durante a atividade alimentar. No entanto, todas as repetições de todos os tratamentos, em diferentes momentos, passaram por algum período de atividade alimentar reduzida. A tendência à formação de cardumes mais ou menos coesos resulta do balanço de tendências competitivas (repelentes) e

defensivas (atrativas), fisiologicamente relacionadas (Ruzzante, 1994). Millidine et al. (2009) constataram que o contato visual entre salmões do Atlântico em compartimentos separados por vidro transparente é capaz induzir alterações divergentes na taxa metabólica de repouso (TMR), calculada com base no movimento opercular, sendo que o contato visual com um peixe menor reduziu a TMR em 40%, enquanto o contato visual com peixe maior dobrou a TMR. Giaquinto e Volpato (2005) observaram que pintados *Pseudoplatystoma coruscans* isolados apresentam padrões comportamentais diferentes quando expostos aos fatores químicos liberados por um coespecífico maior ou do mesmo tamanho. Barbosa e Volpato (2007) verificaram que a comunicação química, através da transmissão da água de um tanque contendo coespecíficos maiores, é capaz de modular a heterogeneidade do crescimento em grupos de curimatãs *Prochilodus lineatus* em outro tanque, alterando a distribuição de tamanhos sem reduzir a TCE média, sugerindo que alguns peixes são mais susceptíveis do que outros aos fatores químicos liberados pelos coespecíficos maiores. Por tanto, a supressão social do crescimento não está necessária ou constantemente ligada à agressão física. No segundo período houve maior variação de desempenho entre as repetições de HT- do que nos demais tratamentos, especialmente das taxas de conversão alimentar. Na repetição que teve o pior rendimento, a taxa de conversão alimentar foi maior que o dobro da repetição de melhor rendimento durante o segundo período, e foi possível observar em mais de uma oportunidade peixes relativamente grandes apresentando coloração mais escura temporariamente, mas continuavam se alimentando e não adotaram comportamento isolado do cardume durante estes períodos. A mortalidade também se concentrou nas duas repetições que apresentaram menor rendimento, nestas os maiores peixes atingiram peso máximo de 11-12g, não se destacando tanto dos demais como na repetição de melhor rendimento, que concentrou os peixes deste tratamento que atingiram tamanho semelhante aos maiores peixes de HTO. Estas variações podem estar relacionadas às diferenças interindividuais das características comportamentais frente ao processo de reestruturação hierárquica à medida que os peixes cresceram e a densidade aumentou. O status social relativo tem consequências a curto e longo prazo, e as diferenças individuais nas taxas metabólicas tem relação indireta com as estratégias adotadas durante o histórico de vida de salmões do Atlântico. (Metcalf et al., 1995). Metcalfe (1986) verificou que a TCE de trutas *Salmo gairdneri* subordinadas é negativamente relacionada ao consumo de ração devido adoção de diferentes estratégias alimentares. Alguns peixes adotam estratégias de alto retorno/alto custo, que proporcionam maior aquisição de alimento, porém rendem balanço energético negativo, enquanto os peixes que minimizam gastos energéticos e consomem menos ração e obtêm melhor custo-benefício

(Metcalf, 1986). Analisando o crescimento de trutas arco-íris e salmões do Atlântico, Gardeur et al. (2001) concluíram que a constituição de repetições homogêneas, em relação ao peso médio inicial, não é condição suficiente para garantir homogeneidade nas taxas de crescimento, e que peixes de tamanho inicial similar podem ter TCEs muito diferentes, o que pode comprometer o poder da análise de variância em experimentos pequena escala. Estes estudos indicam que dentro de uma classe de tamanho pode haver peixes com características comportamentais diferentes. A probabilidade dos peixes selecionados para cada repetição de HT- no início do experimento terem características comportamentais mais parelhas ou estratégia alimentar parecida, compondo dinâmicas sociais diferentes ou gerando hierarquias mais fracas ou transitórias, foi maior do que nos grupos homogêneos devido ao menor n representando cada classe de tamanho.

Outro fator a ser considerado é a biometria realizada na metade o experimento, o que pode ter perturbado a estabilidade hierárquica (Barcellos et al., 1999), levando a novos enfrentamentos onde a estratificação social no, sobretudo no topo do ranking, ainda era tênue. Nesta biometria houve troca de 100% da água de todos os sistemas de recirculação. A comunicação através de fatores químicos liberados na água por coespecíficos media uma série de interações entre peixes, provocando reações fisiológicas e comportamentais, além atuar na demarcação territorial (Liley, 1982; Stacey et al., 2009). Este mecanismo influencia a estabilidade hierárquica entre tilápias-do-nilo de tal modo, que a renovação da água do tanque após o estabelecimento da relação de dominância/subordinação desencadeia novos enfrentamentos (Giaquinto e Volpato, 1997; Gonçalves-de-Freitas et al., 2008). Neste experimento cada tratamento foi estocado em um sistema de recirculação independente para evitar a troca de alarmes de estresses e/ou demais fatores químicos entre os taques de diferentes tratamentos. No entanto não é possível descartar a possibilidade de ter havido influência de comunicação química entre as repetições do mesmo tratamento. Olivotto et al. (2002) demonstraram com *Diplodus sargus* que a comunicação química pode propagar reações de estresse para peixes em tanques em baixa densidade de estocagem quando recebem água de tanques com alta densidade. Barcellos et al. (2011) constataram que o manuseio de tilápias-do-Nilo *Oreochromis niloticus* ou jundiás *Rhamdia quelen* pode propagar reações de estresse através da troca de água entre os tanques de um sistemas de recirculação. E como já citado, Barbosa e Volpato (2007) demonstrara que alguns peixes podem ser mais suscetíveis que outros a fatores químicos liberados por coespecíficos maiores/dominantes.

Figura 5. Distribuição de frequência de peso dos juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) estocados com diferentes distribuições iniciais de tamanho no início, e após 35 e 70 dias de experimento. HTO: heterogêneo original; HT-: heterogêneo sem os grandes; HMP: homogêneo com peixes pequenos; HMM: homogêneo com peixes médios; HM+: tratamentos homogêneos agrupados; HTO-: HTO desconsiderando os peixes grandes.



Neste estudo era esperado que houvesse mortalidade por canibalismo ao menos em HTO; o que não ocorreu. Nenhum tipo de controle para quantificar, ou desbaste para evitar o canibalismo foi realizado no lote original antes do experimento. No início do experimento os menores peixes tinham 50% do comprimento dos maiores em HTO. As diferenças de tamanho diminuíram com o tempo em HTO, enquanto aumentaram nos grupos segregados, e ao final do experimento os menores peixes tinham em média 65% do comprimento dos maiores em todos os tratamentos. De acordo com Dowd e Clarke (1988), o pico de incidência de canibalismo em robalos-flecha acontece com peixes a partir de 1,6-1,8cm, e é maior quando há diferença de tamanho de 50%. Tucker (2003) relatou juvenis desta espécie podem canibalizar peixes com até pelo menos 70% de seu tamanho, e considera que a incidência de canibalismo é maior em recém-juvenis do que em pós-larvas, e que a separação por tamanho até os peixes atingirem cerca de 10 cm pode garantir maior sobrevivência. Durante a

realização do presente estudo, casos em que predadores morreram sufocados com presas com mais de 70% de seu tamanho foram observados entre os peixes remanescentes do lote original no tanque de 4000 L, mesmo havendo presas menores no tanque. Canibais experientes de robalos asiáticos *Lates calcarifer* de 2,5 a 13cm, a mesma faixa de tamanho dentro da qual os juvenis de robalo-flecha se desenvolveram no presente estudo, podem preda coespecíficos com mais de 70% de seu tamanho, mas a habilidade da presa em escapar aumenta ou capacidade do predador ingeri-la, diminui conforme ambos crescem (Ribeiro e Qin, 2013). Porém, com a mesma espécie, Ribeiro e Qin (2015) constataram que embora presas menores sejam ingeridas com maior facilidade, o predador não seleciona as presas menores ativamente, e presas maiores são atacadas a taxas similares. As condições experimentais deste estudo, como baixa densidade de estocagem (0,27 peixes L) e alta frequência alimentar podem ter contribuído de para que não tenha ocorrido canibalismo (Tucker 2003). Em estudos com robalo-peva *Centropomus parallelus* (Corrêa e Cerqueira, 2007) e robalos asiático (Ribeiro et al., 2015), a redução da densidade de estocagem ou aumento da frequência alimentar contribuíram para diminuir a incidência do canibalismo ou retardar a emergência de potenciais canibais, porém a menor densidade testada nestes trabalhos foi de 1,5 peixes por litro em tanques de 80 e 100 L.

Por tanto, os resultados deste estudo não são conclusivos para recomendar ou contraindicar a separação de juvenis de robalo-flecha por classe de tamanho na fase de berçário em sistema de recirculação. Embora a sobrevivência tenha sido significativamente maior em HMP no final do experimento, a mortalidade em HMM fez com que sobrevivência em HM+ não diferisse significativamente de HT- e do grupo não segregado, onde aparentemente os peixes mortos estavam entre os menores da população. As diferenças para GPR em HT- no primeiro e HM+ no segundo período não caracterizam necessariamente uma vantagem produtiva, uma vez que a separação influenciou divergentemente as trajetórias de crescimento individuais, favorecendo o crescimento de uma pequena parte dos peixes e suprimindo outra durante a reestruturação hierárquica, e as TCEs e o peso médio não diferiram significativamente entre HTO-, HT- e HM+ ao final das duas etapas do experimento. Além disso, não foi avaliado o crescimento dos peixes classificados como grandes criados separadamente dos demais, o que poderia provocar o acirramento da competitividade, supressão do crescimento, aumento da heterogeneidade (Volpato e Fernandes, 1994; Jobling e Reinsnes; 1987) e até mortalidade entre os peixes dessa classe.

A tendência a maior frequência de peixes entre os menores da população nos grupos segregados observada neste estudo, sugere a hipótese de que em outras condições de cultivo a

segregação poderia suprimir ainda mais o crescimento de parte dos peixes, ou de uma parcela maior da população, e promover o aumento do número de potenciais presas/canibais. Estudos com outras espécies indicam que a densidade de estocagem pode influenciar o número de interações agressivas e a variabilidade no consumo de ração e das taxas de crescimento individuais (Alanärä e Brännäs, 1996; Brown et al., 1992; Irwin et al., 1999; Wallace et al., 1988), e a densidade ótima depender do tamanho do tanque (Duray e Alpasan 1997; Espmark et al., 2017) e da distribuição inicial de tamanhos (Fréchette, 2005). Além disso, a separação de peixes por tamanho pode afetar o crescimento não só pelo acirramento das interações sociais, como citado anteriormente, mas também pelo estresse em decorrência do manejo periódico (Braun et al., 2010). Assim, as estruturas de cultivo utilizadas e histórico de manejos adotados, incluindo ainda os protocolos/ estratégias de arraçoamento (Nicieza et al., 1997; Royle et al., 2005) podem influenciar o comportamento em etapas subsequentes, e consequentemente promover a supressão ou heterogeneidade. As condições experimentais deste estudo também podem ter contribuído para a redução do coeficiente variação em HTO. Mas a redução das taxas de crescimento no segundo período em todos os tratamentos sugere que a taxa de crescimento está relacionada ao tamanho do peixe.

2.6 CONCLUSÃO

Diante da elevação dos coeficientes de variação, com a melhora no crescimento apenas de uma pequena parte dos peixes e da tendência a maior frequência de peixes entre os menores da população nos grupos segregados, e não tendo havido canibalismo nem mesmo em HTO, o presente estudo demonstrou que são necessários experimentos multifatoriais ao longo de ciclos completos, levando em conta a escala de produção, estrutura de cultivo e logística de manejos, para melhor avaliar o impacto, tanto do canibalismo, quanto da separação por classes de tamanho na produtividade de juvenis de robalo-flecha. Além do mais, estratégias de desbaste alternativas podem ser experimentadas, tais como a retirada apenas dos menores peixes do lote ou a introdução de alguns peixes um pouco maiores em grupos homogêneos para diminuir o conflito na resolução de novas estruturas hierárquicas, a exemplo de Adams et al. (2000) e Stefansson et al. (2000).

2.5 REFERÊNCIAS

- Adams, C., Huntingford, F., Turnbull, J., Arnott, S., Bell, A., 2000. **Size heterogeneity can reduce aggression and promote growth in Atlantic salmon parr.** *Aquac. Int.* 8, 543–549. doi:10.1023/A:1009255612529
- Adams, C.E., Huntingford, F.A., Turnbull, J.F., Beattie, C., 1998. **Alternative competitive strategies and the cost of food acquisition in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*).** *Aquaculture* 167, 17–26. doi:10.1016/S0044-8486(98)00302-0
- Alanärä, A., Brännäas, E., 1996. **Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout. the effect of stocking density.** *J. Fish Biol.* 48, 242–254. doi:10.1111/j.1095-8649.1996.tb01116.x
- Baardvik, B.M., Jobling, M., 1990. **Effect of size-sorting on biomass gain and individual growth rates in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.** *Aquaculture* 90, 11–16. doi:10.1016/0044-8486(90)90278-U
- Barbosa, J.M., Volpato, G.L., 2007. **Chemical modulation on heterogeneous growth in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847) (Pisces; Characiformes).** *Braz. J. Biol.* 67, 147–151. doi:10.1590/S1519-69842007000100020
- Barcellos, L.J.G., Nicolaiewsky, S., Souza, S.M.G., Lulhier, F., 1999. **The effects of stocking density and social interaction on acute stress response in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings.** *Aquac. Res.* 30, 887–892.
- Barki, A., Harpaz, S., Hulata, G., Karplus, I., 2000. **Effects of larger fish and size grading on growth and size variation in fingerling silver perch.** *Aquac. Int.* 8, 391–401. doi:10.1023/A:1009274726380
- Benhaïm, D., Péan, S., Brisset, B., Leguay, D., Bégout, M.-L., Chatain, B., 2011. **Effect of size grading on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juvenile self-feeding behaviour, social structure and culture performance.** *Aquat. Living Resour.* 24, 391–402. doi:10.1051/alr/2011140
- Boscolo, C.N.P., Morais, R.N., Gonçalves-de-Freitas, E., 2011. **Same-sized fish groups increase aggressive interaction of sex-reversed males Nile tilapia GIFT strain.** *Appl. Anim. Behav. Sci.* 135, 154–159. doi:10.1016/j.applanim.2011.10.003
- Braun, N., de Lima, R.L., Baldisserotto, B., Dafre, A.L., de Oliveira Nuñez, A.P., 2010. **Growth, biochemical and physiological responses of *Salminus brasiliensis* with different stocking densities and handling.** *Aquaculture* 301, 22–30. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.01.022
- Brown, G.E., Brown, J.A., K. Srivastava, G.E., 1992. **The effect of stocking density on the behaviour of arctic charr (*Salvelinus alpinus*, L.).** *J. Fish Biol.* 41, 955–963. doi:10.1111/j.1095-8649.1992.tb02722.x
- Corrêa, C.F., Cerqueira, V.R., 2007. **Effects of stocking density and size distribution on growth, survival and cannibalism in juvenile fat snook (*Centropomus parallelus* Poey).** *Aquac. Res.* 38, 1627–1634. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01823.x

- Cubitt, K.F., Winberg, S., Huntingford, F.A., Kadri, S., Crampton, V.O., Øverli, Ø., 2008. **Social hierarchies, growth and brain serotonin metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) kept under commercial rearing conditions.** *Physiol. Behav.* 94, 529–535. doi:10.1016/j.physbeh.2008.03.009
- Cutts, C.J., Metcalfe, N.B., Taylor, A. C., 1998. **Aggression and growth depression in juvenile Atlantic salmon: the consequences of individual variation in standard metabolic rate.** *J. Fish Biol.* 52, 1026–1037. doi:10.1111/j.1095-8649.1998.tb00601.x
- Dowd, C.E., Clarke, M.E. 1989. **An experimental investigation of cannibalism in hatchery-reared juvenile redfish (*Sciaenops ocellatus*) and snook (*Centropomus undecimalis*).** In: Blaxter J.H.S., Gamble J.C., Westernhagen H.von (eds). *The early life history of fish. The third ICES Symposium, Bergen, 3-5 October 1988*, 486.
- Duray, M.N.; Estudillo, C.B.; Alpasan, L.G. 1997 **Optimum stocking density and tank size for larval rearing of the grouper, *Epinephelus coioides*.** In: *The Fourth Asian Fisheries Forum: Proceedings of the Fourth Asian Fisheries Forum, Beijing, 16-20 October 1995*. Asian Fisheries Society, 48-52.
- Earley, R.L., Blumer, L.S., Grober, M.S., 2004. **The gall of subordination: changes in gall bladder function associated with social stress.** *Proc. Biol. Sci.* 271, 7–13. doi:10.1098/rspb.2003.2558
- Espmark, Å.M., Kolarevic, J., Åsgård, T., Terjesen, B.F., 2017. **Tank size and fish management history matters in experimental design.** *Aquac. Res.*, 48, 2876–2894. doi:10.1111/are.13121
- Fréchette, M., 2005. **A comment on the methodology of stocking experiments.** *Aquaculture* 250, 291–299. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.05.004
- Federation, W. E., **American Public Health Association. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA.
- Gardeur, J.N., Paspatis, M., Gélinau, A., Boujard, T., 2001. **Biostatistical implications of individual variability in growth in rainbow trout and Atlantic salmon.** *Aquaculture* 195, 51–59. doi:10.1016/S0044-8486(00)00542-1
- Giaquinto, P.C., Volpato, G.L., 2005. **Chemical cues related to conspecific size in pintado catfish, *Pseudoplatystoma coruscans*.** *Acta Ethol.* 8, 65–69. doi:10.1007/s10211-005-0001-3
- Giaquinto, P.C., Volpato, G.L., 1997. **Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia.** *Physiol. Behav.* 62, 1333–1338. doi:10.1016/S0031-9384(97)00347-8
- Gilmour, K.M., DiBattista, J.D., Thomas, J.B., 2005. **Physiological Causes and Consequences of Social Status in Salmonid Fish 1.** *Integr. Comp. Biol.* 45, 263–273. doi:10.1093/icb/45.2.263
- Gilmour, K.M., Kirkpatrick, S., Massarsky, A., Pearce, B., Saliba, S., Stephany, C.-É., Moon, T.W., 2012. **The influence of social status on hepatic glucose metabolism in rainbow**

trout *Oncorhynchus mykiss*. **Physiological and biochemical zoolog.** *Physiol. Biochem. Zool.* 85, 309–320. doi:10.1086/666497

Giaquinto, P.C., Volpato, G.L., 1997 **Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia.** *Physiology & behavior*, v. 62, n. 6, p. 1333–1338,. doi:10.1016/S0031-9384(97)00347-8

Giaquinto, P. C., Volpato, G.L., 2005 **Chemical cues related to conspecific size in pintado catfish, *Pseudoplatystoma coruscans*.** *acta ethologica*, 8, 2, 65–69,. doi: 10.1007/s10211-005-0001-3

Gonçalves-de-Freitas, E., Teresa, F.B., Gomes, F.S., Giaquinto, P.C., 2008. **Effect of water renewal on dominance hierarchy of juvenile Nile tilapia.** *Appl. Anim. Behav. Sci.* 112, 187–195. doi:10.1016/j.applanim.2007.07.002

Huntingford, F.A., Metcalfe, N.B., Thorpe, J.E., Graham, W.D., Adams, C.E., 1990. **Social dominance and body size in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L.** *J. Fish Biol.* 36, 877–881. doi:10.1111/j.1095-8649.1990.tb05635.x

Imsland, A.K., Jenssen, M.D., Jonassen, T.M., Stefansson, S.O., 2009. **Best among unequals? Effect of size grading and different social environments on the growth performance of juvenile Atlantic halibut.** *Aquac. Int.* 17, 217–227. doi:10.1007/s10499-008-9193-7

Imsland, A. K., Nilsen, T., Folkvord, a, 1998. **Stochastic simulation of size variation in turbot: possible causes analysed with an individual-based model.** *J. Fish Biol.* 53, 237–258. doi:10.1006/jfbi.1998.0698

Irwin, S., O'halloran, J., Fitzgerald, R.D., 1999. **Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque).** *Aquaculture* 178, 77–88. doi:10.1016/S0044-8486(99)00122-2

Jobling, M., Reinsnes, T.G., 1987. **Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* L.** *Aquaculture* 60, 27–31.

Kamstra, A., 1993. **The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking.** *Aquature* 112, 67–77. doi:10.1016/0044-8486(93)90159-V

Kaspersson, R., Höjesjö, J., Pedersen, S., 2010. **Effects of density on foraging success and aggression in age-structured groups of brown trout.** *Anim. Behav.* 79, 709–715. doi:10.1016/j.anbehav.2009.12.025

Katavic, I., Jug-Dujakovic, J, Glamuzina, B., 1989 **Cannibalism as a factor affecting the survival of intensively cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fingerlings.** *Aquaculture*, 77, 2-3, 135-143,. doi: 10.1016/0044-8486(89)90197-X

Lambert, Y., Dutil, J.D., 2001. **Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size-grading.** *Aquaculture* 192, 233–247. doi:10.1016/S0044-8486(00)00448-8

Liley, N.R., 1982 **Chemical communication in fish**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 39, 1, 22-35. doi:10.1139/f82-005

Metcalf, N.B. 1986 **Intraspecific variation in competitive ability and food intake in salmonids: consequences for energy budgets and growth rates**. Journal of Fish Biology, 28, 5, 525-531. doi: 10.1111/j.1095-8649.1986.tb05190.x

Metcalf, N.B., Hutingfor F.A., Thorpe, J.E., and Adams, C. E. 1990 **The effects of social status on life-history variation in juvenile salmon**. Canadian Journal of Zoology, 68, 12, 2630-2636. doi:10.1139/z90-367

Metcalf, N.B., Taylor, A.C., Thorpe, J.E., 1995. **Metabolic rate, social status and life-history strategies in Atlantic salmon**. Anim. Behav. 49, 431–436. doi:10.1006/anbe.1995.0056

Mccarthy, I. D., Carter, C. G., Houlihan, D. F., 1992. **The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)**. Journal of Fish Biology, 41, 2, 257-263. doi: 10.1111/j.1095-8649.1992.tb02655.x

Millidine, K.J., Metcalfe, N.B., Armstrong, J.D., 2009. **Presence of a conspecific causes divergent changes in resting metabolism, depending on its relative size**. Proc. R. Soc. B Biol. Sci., 276, 3989–3993. doi:10.1098/rspb.2009.1219

Nicieza, A.G., Metcalfe, N.B., Dec N., 1997. **Growth Compensation in Juvenile Atlantic Salmon : Responses to Depressed Temperature and Food Availability**. Ecology, 78, 8, 2385-2400, 1997. doi: 10.1890/0012-9658(1997)078[2385:GCIJAS]2.0.CO;2

Olivotto, I., Mosconi, G., Maradonna, F., Cardinali, M., Carnevali, O., 2002. **Diplodus sargus interrenal-pituitary response: Chemical communication in stressed fish**. Gen. Comp. Endocrinol. 127, 66–70. doi:10.1016/S0016-6480(02)00024-2

Overton, J.L., Steinfeldt, S.J., Pedersen, P.B., 2010. **The effects of grading on the growth and survival of juvenile Dover sole (*Solea solea* L.)**. Aquac. Res. 42, 31–39. doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02502.x

Passini, G., Carvalho, C.V.A., Landuci, F.S., Guinle, L., Sterzelecki, F., Cerqueira, V.R., 2013. **Primeira experiência de maturação e desova do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em cativeiro no Brasil**. XI Reunião Científica do Instituto de Pesca 2013, 143-145.

Parsons, T.R., Takahashi, M., Hargrave, B., 1984. **Biological Oceanographic Processes**, 2nd ed. Pergamon Press, Oxford.

Ribeiro, F.F., Forsythe, S., Qin, J.G., 2015. **Dynamics of intracohort cannibalism and size heterogeneity in juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) at different stocking densities and feeding frequencies**. Aquaculture 444, 55–61. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.03.029

Ribeiro, F.F., Qin, J.G., 2015. **Prey size selection and cannibalistic behaviour of juvenile barramundi *Lates calcarifer***. J. Fish Biol. 86, 1549–1566. doi:10.1111/jfb.12658

Ribeiro, F.F., Qin, J.G., 2013. **Modelling Size-Dependent Cannibalism in Barramundi *Lates calcarifer* : Cannibalistic Polyphenism and Its Implication to Aquaculture.** PloS one, 8, 12, e82488 . doi:10.1371/journal.pone.0082488

Rhody, N. R., Neidig, C.L., Grier, H.J., Main, K.L., Migaud H., 2013. **Assessing Reproductive Condition in Captive and Wild Common Snook Stocks: A Comparison between the Wet Mount Technique and Histological Preparations.** Transactions of the American Fisheries Society, 142, 4, 979-988 doi:10.1080/00028487.2013.788564

Royle, N.J., Lindstrom, J., Metcalfe, N.B., 2005. **A poor start in life negatively affects dominance status in adulthood independent of body size in green swordtails *Xiphophorus helleri*.** Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 272, 1917–1922. doi:10.1098/rspb.2005.3190

Ruzzante, D.E., 1994. **Domestication effects on aggressive and schooling behavior in fish.** Aquaculture 120, 1-2, 1–24. doi:10.1016/0044-8486(94)90217-8

Salas-Leiton, E., Anguís, V., Rodríguez-Rúa, A., Cañavate, J.P., 2010. **Stocking homogeneous size groups does not improve growth performance of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) juveniles: Individual growth related to fish size.** Aquac. Eng. 43, 108–113. doi:10.1016/j.aquaeng.2010.08.001

Schipp, G., Bosmans, J., Humphrey, J., 2007. **Barramundi Farming Handbook.** Aust. Dep. Resour. North. Territ.

Stefansson, M.O., Imsland, A.K., Jenssen, M.D., Jonassen, T.M., Stefansson, S.O., FitzGerald, R., 2000. **The effect of different initial size distributions on the growth of Atlantic halibut.** J Fish Biol 56, 826–836. doi:10.1006/jfbi.1999.1204

Stacey, N. E.; Wisenden, B. D.; Sorensen, P. W., 2009 **Chemical communication in fish.** Chemical Ecology, 1, 314,.

Sunde, L.M., Imsland, A.K., Folkvord, A., Stefansson, S.O., 1998. **Effects of Size Grading on Growth and Survival of Juvenile Turbot at Two Temperatures.** Aquac. Int. 6, 19–32. doi:10.1023/A:1009265602388

Tucker Jr, J.W., 1987. **Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming.** The Progressive Fish-Culturist, 49, 1, 49-57. doi: 10.1577/1548-8640(1987)49%3C49:SATSCA%3E2.0.CO;2

Tucker Jr., J.W., 2003. **Snook culture.** World Aquac. 34, 2, 42-46.

Volpato, G.L., Fernandes, M.O., 1994 **Social control of growth in fish.** Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 27, 797-797.

Wallace, J.C., Kolbeinshavn, A.G., Reinsnes, T.G., 1988. **The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.).** Aquaculture 73, 101–110. doi:10.1016/0044-8486(88)90045-2

REFERENCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ADAMS, C. et al. **Size heterogeneity can reduce aggression and promote growth in Atlantic salmon parr.** *Aquaculture International*, v. 8, n. 6, p. 543–549, 2000.
- ADAMS, C. E. et al. **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.
- ALANÄRÄ, A.; BRÄNNÄAS, E. **Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout. the effect of stocking density.** *Journal of Fish Biology*, v. 48, n. 2, p. 242–254, 1996.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; TSUZUKI, M. Y. **A review of methods for *Centropomus* spp. (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America.** *Aquaculture Research*, v. 39, n. 7, p. 684–700, 2008.
- BARBOSA, J. M.; VOLPATO, Gilson Luiz. **Chemical modulation on heterogeneous growth in *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847)(Pisces; Characiformes).** *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 1, p. 147–151, 2007.
- BAARDVIK, B. M.; JOBLING, M. **Effect of size-sorting on biomass gain and individual growth rates in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.** *Aquaculture*, v. 90, p. 11–16, 1990.
- BARKI, A. et al. **Effects of larger fish and size grading on growth and size variation in fingerling silver perch.** *Aquaculture International*, v. 8, n. 5, p. 391–401, 2000.
- BENHAÏM, D. et al. **Effect of size grading on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juvenile self-feeding behaviour, social structure and culture performance.** *Aquatic Living Resources*, v. 24, n. 4, p. 391–402, 2011.
- BOSCOLO, C. N. P.; MORAIS, R. N.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. **Same-sized fish groups increase aggressive interaction of sex-reversed males Nile tilapia GIFT strain.** *Applied Animal Behaviour Science*, v. 135, n. 1–2, p. 154–159, 2011.
- BROWN J.A. BROWN,ÇÇ & K. SRIVASTAVA, G. E. **The effect of stocking density on the behaviour of articharr (*Salvelinus alpinus*, L.).** *Journal of fish biology*, v. 41, p. 955–963, 1992.
- CERQUEIRA, V. R.; TSUZUKI, M. Y. **A review of spawning induction, larviculture, and juvenile rearing of the fat snook, *Centropomus parallelus*.** *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 35, n. 1, p. 17–28, 2009.
- CORRÊA, C. F.; CERQUEIRA, V. R. **Effects of stocking density and size distribution on growth, survival and cannibalism in juvenile fat snook (*Centropomus parallelus* Poey).** *Aquaculture Research*, v. 38, n. 15, p. 1627–1634, 2007.
- CUBITT, K. F. et al. **Social hierarchies, growth and brain serotonin metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) kept under commercial rearing conditions.** *Physiology and Behavior*, v. 94, n. 4, p. 529–535, 2008.

- DOWD CE e ME CLARKE. **An experimental investigation of cannibalism in hatchery-reared juvenile redfish (*Sciaenops ocellatus*) and snook (*Centropomus undecimalis*).** In: Blaxter J.H.S., Gamble J.C., Westernhagen H.von (eds). *The early life history of fish. The third ICES Symposium, Bergen, 3-5 October 1988*, 486. 1989
- DOU, S. Z. et al. **Size hierarchies affecting the social interactions and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*.** *Aquaculture*, v. 233, n. 1–4, p. 237–249, 2004.
- DURAY, Marietta N.; ESTUDILLO, Chona B.; ALPASAN, Lota G. **Optimum stocking density and tank size for larval rearing of the grouper, *Epinephelus coioides*.** In: *The Fourth Asian Fisheries Forum: Proceedings of the Fourth Asian Fisheries Forum, Beijing, 16-20 October 1995*. Asian Fisheries Society, 1997. p. 48-52.
- EARLEY, R. L.; BLUMER, L. S.; GROBER, M. S. **The gall of subordination: changes in gall bladder function associated with social stress.** *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, v. 271, n. 1534, p. 7–13, 2004.
- GIAQUINTO, Percília Cardoso; VOLPATO, Gilson Luiz. **Chemical communication, aggression, and conspecific recognition in the fish Nile tilapia.** *Physiology & behavior*, v. 62, n. 6, p. 1333-1338, 1997.
- GIAQUINTO, Percília Cardoso; VOLPATO, Gilson Luiz. **Chemical cues related to conspecific size in pintado catfish, *Pseudoplatystoma coruscans*.** *Acta ethologica*, v. 8, n. 2, p. 65-69, 2005.
- GILMOUR, K. M. et al. **The influence of social status on hepatic glucose metabolism in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*.** *Physiological and biochemical zoology*, v. 85, n. 4, p. 309–320, 2012.
- GILMOUR, K. M.; DIBATTISTA, J. D.; THOMAS, J. B. **Physiological Causes and Consequences of Social Status in Salmonid Fish 1.** *Integrative and Comparative Biology*, v. 45, n. 2, p. 263–273, 2005.
- GONÇALVES-DE-FREITAS, Eliane et al. **Effect of water renewal on dominance hierarchy of juvenile Nile tilapia.** *Applied Animal Behaviour Science*, v. 112, n. 1, p. 187-195, 2008.
- HUNTINGFORD, F. A. et al. **Social dominance and body size in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L.** *Journal of Fish Biology*, v. 36, n. 6, p. 877–881, 1990.
- IRWIN, S.; O'HALLORAN, J.; FITZGERALD, R. D. **The relationship between individual consumption and growth in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*.** *Aquaculture*, v. 204, n. 1–2, p. 65–74, 2002.
- JOBLING, M.; KOSKELA, J. **Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth.** *Journal of Fish Biology*, v. 49, p. 658–667, 1996.
- JOBLING, M.; REINSNES, T. G. **Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* L.** *Aquaculture*, v. 60, n. 60, p. 27–31, 1987.

- JORGENSEN, E. H. et al. **Food acquisition and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to spatial distribution of food.** *Aquaculture*, v. 143, n. 96, p. 277–289, 1996.
- KADRI, S. et al. **Social interactions and the distribution of food among one-sea-winter Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a sea-cage.** *Aquaculture*, v. 139, p. 1–10, 1996.
- KAMSTRA, A. **The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking.** *Aquaculture*, v. 112, p. 67–77, 1993.
- KASPERSSON, R.; HÖJESJÖ, J.; PEDERSEN, S. **Effects of density on foraging success and aggression in age-structured groups of brown trout.** *Animal Behaviour*, v. 79, n. 3, p. 709–715, 2010.
- 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.
- LILEY, N. R. **Chemical communication in fish.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 39, n. 1, p. 22–35, 1982.
- MCCARTHY, I. D.; CARTER, C. G.; HOULIHAN, D. F. **The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum).** *Journal of Fish Biology*, v. 41, n. 2, p. 257–263, 1992.
- OLIVOTTO, I. et al. **Diplodus sargus interrenal-pituitary response: Chemical communication in stressed fish.** *General and Comparative Endocrinology*, v. 127, n. 1, p. 66–70, 2002.
- OVERTON, J. L.; STEENFELDT, S. J.; PEDERSEN, P. B. **The effects of grading on the growth and survival of juvenile Dover sole (*Solea solea* L.).** *Aquaculture Research*, v. 42, n. 1, p. 31–39, 2010.
- PASSINI, G., CARVALHO, C.V.A., LANDUCI, F.S., GUINLE, L., STERZELECKI, F., CERQUAIRA, V.R., 2013. **Primeira experiência de maturação e desova do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em cativeiro no Brasil.** XI Reunião Científica do Instituto de Pesca 2013, 143–145.
- PAPOUTSOGLOU, S. E. et al. **Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system.** *Aquacultural Engineering*, v. 18, n. 2, p. 135–144, 1998.
- RIBEIRO, F. F.; FORSYTHE, S.; QIN, J. G. **Dynamics of intracohort cannibalism and size heterogeneity in juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) at different stocking densities and feeding frequencies.** *Aquaculture*, v. 444, n. October, p. 55–61, 2015.
- RHODY, N. R. et al. **Assessing Reproductive Condition in Captive and Wild Common Snook Stocks: A Comparison between the Wet Mount Technique and Histological Preparations.** *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 142 (4), p. 979–988, 2013.

SALAS-LEITON, E. et al. **Stocking homogeneous size groups does not improve growth performance of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) juveniles: Individual growth related to fish size.** *Aquacultural Engineering*, v. 43, n. 3, p. 108–113, 2010.

SCHIPP, G.; BOSMANS, J.; HUMPHREY, J. **Barramundi Farming Handbook.** Australia Department of Resources, Northern Territory, p. 71, 2007.

STACEY, N. E.; WISENDEN, B. D.; SORENSEN, P. W. **Chemical communication in fish.** *Chemical Ecology*, v. 1, p. 314, 2009.

STEFANSSON, M. O. et al. **The effect of different initial size distributions on the growth of Atlantic halibut.** *J Fish Biol*, v. 56, n. 4, p. 826–836, 2000.

SUNDE, L. M. et al. **Effects of Size Grading on Growth and Survival of Juvenile Turbot at Two Temperatures.** *Aquaculture International*, v. 6, p. 19–32, 1998.

TUCKER JR, John W. **Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming.** *The Progressive Fish-Culturist*, v. 49, n. 1, p. 49-57, 1987.

TUCKER JR., J. W. **Snook culture.** *World Aquaculture*, v. 34, n. 4, p. 42-46, 2003.

VOLPATO, G. L.; FERNANDES, M. O. **Social control of growth in fish.** *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 27, p. 797-797, 1994.

WALLACE, J. C.; KOLBEINSHAVN, A. G.; REINSNES, T. G. **The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.).** *Aquaculture*, v. 73, n. 1–4, p. 101–110, 1988.