

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
INSTITUTO DE PESCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA**

**“UTILIZAÇÃO DE ABRIGOS NA CRIAÇÃO DA GAROUPA-VERDADEIRA  
EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO”**

**Nayara Yoshimini de Oliveira**

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo  
Julho – 2018**

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
INSTITUTO DE PESCA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA**

**“UTILIZAÇÃO DE ABRIGOS NA CRIAÇÃO DA GAROUPA-VERDADEIRA  
EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO”**

**Nayara Yoshimini de Oliveira**

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo  
Julho – 2018**



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS  
**INSTITUTO DE PESCA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

"UTILIZAÇÃO DE ABRIGOS NA CRIAÇÃO DA GAROUPA-  
VERDADEIRA EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO"

**AUTORA:** Nayara Yoshimini de Oliveira

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de  
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em  
Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



---

Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches



---

Prof. Dr. Vanessa Villanova Kuhnen



---

Prof. Dr. Alberto Ferreira de Amorim

Data da realização: 13 de julho de 2018



---

Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches por me receber abertamente no programa de pós-graduação, por acreditar no meu trabalho, pela paciência e por todos os ensinamentos transferidos.

Sou muito grata também, ao Instituto de Pesca, por proporcionar a estrutura necessária para o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço em especial aos amigos de Ubatuba: Otávio Mesquita de Sousa, Gabriela Cláudia Arato Bergamo, Kleper de Lima Raiol. Sem vocês a conclusão desse trabalho não seria possível e também a caminhada pelo mestrado não seria tão divertida como foi.

Em especial, agradeço a Veronica Takatsuka Manoel, pela amizade, por me ajudar, me aguentar e me aconselhar.

Agradeço imensamente aos meus pais, Antônio César de Oliveira e Daniela Yoshimini de Oliveira. Muito obrigada por me incentivar e acreditar na minha capacidade até mesmo quando eu dúvida. Todo esse apoio e carinho com certeza fizeram a diferença.

Agradeço a todas as pessoas, que direta ou indiretamente, me auxiliaram durante a passagem pelo mestrado, muito obrigada.

## SUMÁRIO

Sumário.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Introdução geral.....	01
Objetivo.....	10
Referências.....	11
Artigo – “Utilização de abrigos na criação da garoupa-verdadeira em sistemas de recirculação”.....	15
Resumo.....	16
Abstract.....	16
Introdução.....	17
Material e Métodos.....	19
Resultados.....	21
Discussão.....	23
Conclusões.....	27
Agradecimentos.....	27
Referências.....	28
Considerações finais.....	33

## RESUMO

O enriquecimento ambiental pode ser uma importante ferramenta para melhorar o desempenho produtivo da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*. Este estudo avaliou a preferência por abrigos e o efeito da disponibilidade de abrigos sobre o desempenho produtivo de formas jovens da garoupa-verdadeira em sistemas de recirculação. Foram realizados dois experimentos, o primeiro para a determinação da preferência por distintos tipos de abrigos (rochas, tijolos e tubos de PVC de diferentes cores) e o segundo sobre a utilização de abrigos, sendo três tratamentos (T1 = sem abrigos; T2 = 01 abrigo por peixe e T3 = 02 abrigos por peixe). A garoupa-verdadeira apresentou preferência por abrigos de tubos de PVC de cor marrom. A utilização de abrigos favoreceu melhores desempenhos produtivos da espécie em sistemas de recirculação de água salgada.

Palavras-chave: *Epinephelus marginatus*, enriquecimento ambiental, desempenho zootécnico

## ABSTRACT

Environmental enrichment can be an important tool to improve the productive performance of dusky grouper *Epinephelus marginatus*. The goal of this study was to evaluate the preference for shelters and the effect of the availability of shelters on the productive performance of dusky groupers juveniles in water recirculation system. Two trials were conducted, the first one to determine the preference for different types of shelters (rocks, bricks and PVC pipes of different colors) and the second one on the use of shelters, with three treatments (T1 = without shelter; T2 = 01 shelter per fish; T3 = 02 shelters per fish), and the second one to establish an ideal stocking density (T1 = 250; T2 = 500 e T3 = 750 fish/m<sup>3</sup>). The dusky grouper showed preference for shelters of PVC tubes of brown color. The use of shelters favored better productive performance of the species in water recirculation systems.

Key words: *Epinephelus marginatus*, environmental enrichment, zootechnical performance

## INTRODUÇÃO GERAL

### PANORAMA ATUAL DA AQUICULTURA

Nos dias de hoje, a procura por pescado vem aumentando expressivamente, levando diversos estoques ao limite. Para tentar suprir essa demanda e evitar o esgotamento dos recursos naturais, a aquicultura vem se apresentando como uma relevante alternativa. A aquicultura consiste em cultivar organismos aquáticos (ou que tem uma fase da vida na água) em um espaço monitorado, possibilitando uma produção controlada (De Oliveira, 2015). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2017), é uma atividade exercida tanto por pequenos agricultores quanto por empresas multinacionais, empregando 23 milhões de trabalhadores.

Em 2015 a produção mundial foi de 76,6 milhões de toneladas de peixes, sendo que a produção contabilizada de todos os organismos aquáticos, foi estimada em 2013 e atingiu 97,2 milhões de toneladas (peso vivo), sendo cultivadas um total de 575 espécies (FAO, 2017).

O Brasil, tem grande potencial para a aquicultura, as condições naturais, o clima e sua matriz energética são favoráveis, porém o consumo de peixe ainda é baixo e é suprido amplamente por meio de importações (Rocha et al., 2013). A produção da aquicultura brasileira foi de aproximadamente 562 mil toneladas, em 2014, incluindo o cultivo de peixes, crustáceos e moluscos (FAO, 2014).

Diante da crescente importância no cenário mundial e nacional, a aquicultura passou a ser considerada estratégica para o Governo Brasileiro (Rocha et al., 2013). O reforço da qualidade dos produtos e a domesticação bem sucedida de novas espécies candidatas são susceptíveis do resultado de esforços a longo prazo, envolvendo tanto a investigação básica como as observações obtidas ao buscar metodologias de criação mais apropriada (Russo et al., 2011).

### A PISCICULTURA E O BEM ESTAR DOS PEIXES

À medida que as populações de peixes selvagens vêm diminuindo devido à pesca extrativa, o número de peixes criados em cativeiro vêm aumentando

bastante nas últimas décadas (Bergqvist e Gunnarsson, 2013). A piscicultura é uma atividade em expansão. Uma expressiva quantidade de peixes são produzidas anualmente, não só para fins alimentícios mas também para outras atividades como: a pesca, exibição em aquários (domésticos ou abertos para o público) ou para programas de repovoamento da fauna nativa. Todas essas práticas exigem um manejo, o qual pode afetar o bem estar dos peixes, seja pelos métodos de captura, altas densidades de estocagem em cativeiro ou pelo transporte dos animais (Volpato et al., 2007). No Brasil, a piscicultura marinha ainda é pouco expressiva, a atividade vem ganhando impulso nos últimos anos a partir da consolidação dos resultados de pesquisas desenvolvidas por diversas universidades e instituições, com isso, despertando um grande interesse junto à iniciativa privada (Sanchez, 2007).

A crescente demanda por peixes de alta qualidade por parte dos consumidores acarretou em uma crescente preocupação do público em relação ao bem-estar dos peixes na aquicultura. Muitas das atividades humanas que potencialmente comprometem o bem-estar dos peixes incluem mudanças antropogênicas no meio ambiente, pesca comercial, pesca recreativa, aquicultura, conservação de peixes ornamentais e pesquisa científica, tentando minimizar o prejuízo resultante para o bem estar dos peixes, as atividades citadas acima deverão ser ponderadas e analisar o quanto trarão de benefícios (Huntingford et al., 2006).

Recentemente a questão do sofrimento e do bem estar dos animais mantidos em reclusão vem sendo colocada em questionamento. O bem estar é um termo de difícil definição, pode ser delineado de várias maneiras e seu sentido é muito amplo. Pode ser avaliado com relação aos: sentimentos subjetivos, emoções e estado mental; funcionamento físico, saúde e capacidades; ou ainda pela habilidade com a qual o animal tem para expressar seu comportamento natural e levar uma vida normal (Figura 1) (Fraser et al., 1997; Oliveira e Galhardo, 2007).

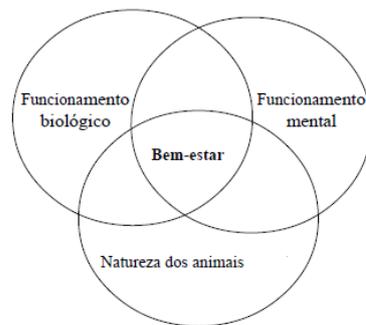


Figura 1. O conceito de bem-estar animal resulta da integração de três dimensões: o funcionamento biológico, funcionamento mental e a natureza dos animais. Retirado de Oliveira e Galhardo (2007).

Os peixes respondem aos desafios ambientais com uma série de adaptações neuro-endócrinas, são ajustes identificados como resposta ao estresse, estes ajustes são capazes de induzir mudanças metabólicas e comportamentais reversíveis que tornam o animal mais capaz de superar ou evitar um desafio, é uma maneira benéfica a curto prazo, em contrapartida a ativação prolongada da resposta ao estresse é prejudicial e leva a supressão, redução do crescimento e disfunção reprodutiva (Huntingford et al., 2006).

Por tratar de um assunto polêmico e causando divergência de opiniões, a sciência nos peixes ainda é abordada como uma novidade. Como citado por Spinelli (1987), o sofrimento é uma condição emocional que resulta de dor física, dor emocional ou de um desconforto, havendo graus de desconforto, podendo ser os mais leves (quando não atinge o sofrimento) ou os mais severos (chegando a um desconforto intolerável) (Figura 2).

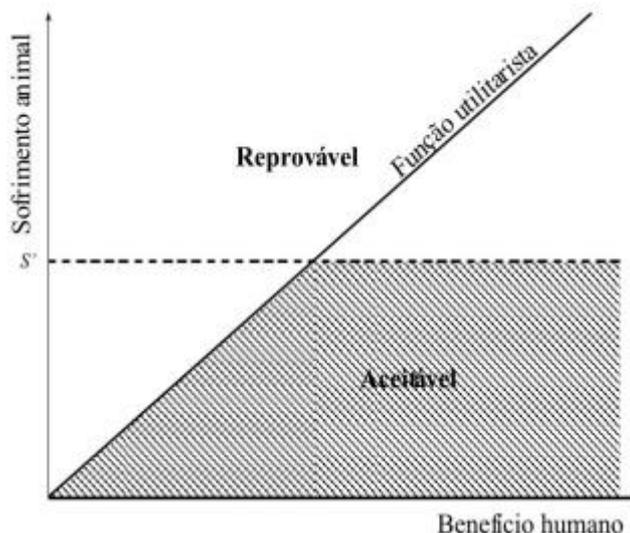


Figura 2. Modelo de tomada de decisão para avaliar se uma determinada atividade humana é ou não aceitável de acordo com critérios de bem-estar. Retirado de Oliveira e Galhardo (2007).

Há também evidências crescentes de que os peixes podem experimentar estados parecidos com o medo e que evitam situações nas quais eles experimentaram condições adversas (Huntingford et al., 2006). Com o intuito de diminuir ou evitar essas situações, foram impostas normas de boas práticas, linhas de orientação e legislações exemplificando como as espécies devem ser tratadas em condição de cativeiro (Galhardo e Oliveira, 2006).

Na maioria das vezes, em uma situação de desconforto (dependendo do nível do desconforto), o animal vai demonstrar sua insatisfação através do comportamento. Os indicadores associados as respostas ao estresse crônico vão se manifestar mostrando diferenças fisiológicas, aparecimento de doenças ou por meio do comportamento, fornecendo assim, uma potencial fonte de informação sobre o status do bem estar de um peixe (Huntingford et al., 2006).

As medidas comportamentais e fisiológicas são necessárias para uma correlação correta e estão totalmente interligadas, embora exista uma riqueza de conhecimento sobre as consequências fisiológicas de muitas práticas na aquicultura, as respostas comportamentais são igualmente importantes para distinguir um animal insatisfeito (Ashley, 2007).

## ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E OS TESTES DE PREFERÊNCIA

O enriquecimento ambiental consiste em um conjunto de técnicas que modificam o ambiente físico e social, podendo assim, melhorar a qualidade de vida dos animais de cativeiro e atender à suas demandas etológicas, além de reduzir o estresse e aumentar o bem-estar e saúde dos animais confinados (Boere, 2001). Uma das formas facilitadoras para o emprego do enriquecimento ambiental são os testes de preferências. Os testes de preferências surgiram como uma forma de dar uma opção de escolha para o animal e analisar as condições nas quais os peixes preferem estar, considerando suas especificidades (Volpato, 2007) e podendo fornecer informações úteis sobre as condições mais agradáveis para os indivíduos em relação à: espaço, cor, intensidade de luz, fluxo de água e entre outros fatores que afetam diretamente o desenvolvimento do peixe na aquicultura (Volpato, 2007; Volpato et al., 2007; Pedrazzani et al., 2007).

Nos testes de preferência, quanto mais opções são dadas, mais próximo estará do fator preponderante que conduz a preferência do peixe no aspecto em teste sendo que o objetivo não é saber onde o peixe permanece, mas sim onde prefere permanecer (Volpato, 2007).

A utilização de abrigos, o uso de diferentes substratos, diferentes fluxos de correntes de água, formas estratégicas de distribuição de alimentos, entre outros manejos, tem um papel relevante nas preferências e opções dos peixes e incrementam assim o seu bem-estar (Pedrazzani et al., 2007).

### A UTILIZAÇÃO DE ABRIGOS

A utilização de abrigos é uma forma de enriquecimento ambiental e é uma técnica que pode reduzir um eventual desconforto, ainda mais quando no habitat natural o animal utiliza um refúgio ou esconderijo como estratégia de fuga e proteção, esperando tornar o cativeiro o mais próximo possível com o que o indivíduo está acostumado na natureza e tentar aumentar a produtividade. Visto que, em condições estressantes, nenhum animal consegue expressar seu desempenho e nem se reproduzir (Galhardo e Oliveira, 2006).

A confecção dos abrigos pode variar de acordo com o tamanho, a espécie e com material escolhido, considerando sempre a disponibilidade local de material e o custo de aquisição. Os materiais deverão ser facilmente encontrados em lojas de material de construção, ter um baixo custo, uma alta durabilidade e não serem tóxicos (Fujimoto et al., 2014). É sempre importante lembrar que as diferentes espécies têm diferentes requisitos biológicos e ambientais e mostram diferentes respostas às condições da aquicultura (Ashley, 2007).

Alguns estudos avaliando esta questão, demonstraram a capacidade do abrigo para promover um melhor desenvolvimento dos organismos e também uma versatilidade na escolha do material para composição do abrigo. Teng e Chua (1979) utilizando pneus no cultivo de garoupa asiática *Epinephelus salmoides* em tanques rede observaram que, quando o animal possui um refúgio, a quantidade de energia é conservada e utilizada para o crescimento, uma vez que a velocidade da corrente de maré dentro do abrigo deve ser menor do que a fora dele. Woher et al. (2011) realizaram estudos com *Lota lota* observando que a combinação de alta intensidade de luz, tanques descobertos e disponibilidade insuficiente de abrigo podem ter influenciado de forma negativa o crescimento desta espécie. Já Fujimoto et al. (2014) utilizaram o teste de preferência com o Acari zebra *Hypancistrus zebra*, onde foram colocados três tipos diferentes de abrigos sendo o PVC, o tijolo e uma rocha e concluiu que a textura do PVC por ser lisa, impedia que o animal se protegesse dos predadores, os Acaris tem o comportamento de abrir as nadadeiras peitorais para se segurar às paredes do abrigo e dificultar sua captura.

Considerando as características do habitat da garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus* é importante a utilização de abrigos na fase de juvenis (Ramos et al., 2012). No ambiente natural, as dimensões e quantidade disponível de abrigos condicionam a densidade e o tamanho dos indivíduos (Machado et al., 2003).

Como confirmado por Dawkins (2004) o padrão espacial dos animais indicam suas escolhas sociais e preferências sobre os aspectos físicos do meio ambiente, portanto, mudar os padrões acostumados será particularmente importante para ajudar a decidir se os animais estão em espaços suficientes. Isto

pode ser analisado através do comportamento e das mudanças fisiológicas e biológicas do animal.

## FAMÍLIA DOS SERRANÍDEOS

A família Serranidae compreende 159 espécies e são conhecidos popularmente por meros, chernes, garoupas e badejos. Diversas espécies ocorrem no litoral brasileiro e são freqüentemente encontrados entre as rochas, corais ou outros objetos submersos. Denominados como predadores crepusculares de topo de cadeia trófica, tem o hábito de após se alimentarem retornarem ao esconderijo (Teng e Chua, 1979).

A redução dos peixes desta família, devido a problemas ambientais e a pesca tem despertado a atenção dos pesquisadores. Diversas espécies estão na lista da IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza) como ameaçadas de extinção (IUCN, 2017). Visando reduzir a pressão extrativista sobre os estoques naturais, o desenvolvimento do cultivo destas espécies pode contribuir, de forma economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente responsável, como um instrumento estratégico para a conservação, além de uma alternativa para fomentar oportunidades de agronegócios, beneficiando a expansão da produção e a geração de emprego e de renda para comunidades litorâneas (Sanchez, 2007).

## A GAROUPA-VERDADEIRA

A garoupa-verdadeira, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), integra a família Serranidae, apresentando distribuição na porção oeste do Oceano Atlântico estende-se do Rio de Janeiro (Brasil) até o sul da Argentina (Patagônia) (Figueiredo e Menezes, 1980). Estão sempre associadas a substratos rochosos e apresentam preferência por ambientes ricos em abrigos. São predadores topo de cadeia alimentar, necto-bentônico e desempenham um papel importante na manutenção do equilíbrio ecológico (La Mesa et al., 2002).

Com relação a parte reprodutiva, as garoupas são hermafroditas protogínicos, isso significa que os indivíduos nascem fêmeas e a partir de determinado tempo de vida sofrem inversão sexual e transformam-se em

machos (Figueiredo e Menezes, 1980; Mitcheson et al., 2008). A remoção, através da pesca, dos indivíduos de grande porte pode impactar a população, reduzindo a quantidade de machos, gerando uma assimetria ainda maior na proporção sexual e causar uma influência negativa sobre a população (Falcón et al., 1996 ). Apresentam uma formação de agregações populacionais reprodutivas, com um período de desova bem definido, fator que expõe ainda mais a população das garoupas à sobrepesca, fato já observado no Sudeste Asiático e no Golfo do México (Whaylen et al., 2004).

A garoupa-verdadeira está atualmente classificada como vulnerável (IUCN, 2017), sendo que algumas de suas características biológicas agravam esta situação. Podem ser citados como fatores agravantes a pesca excessiva e predatória e a degradação do seu habitat natural, hábito territorialista e sedentário, crescimento lento, elevada longevidade, maturidade sexual tardia, além do hermafroditismo protogínico e formação de agregações durante os episódios reprodutivos (La Mesa et al., 2002). Além da importância ecológica a garoupa-verdadeira também é uma espécie comercialmente valiosa no Brasil alcançando um elevado preço de mercado (Figueiredo e Menezes, 1980).

## CRIAÇÃO EM CATIVEIRO

Tendo em vista a conservação da espécie, a criação em cativeiro é recomendada como uma ferramenta importante para a proteção dos estoques de peixes marinhos ameaçados (Sanches, 2007). As garoupas apresentam características adequadas à criação, são extremamente adaptáveis aos cultivos e possuem incrível resistência ao manejo (Sanches, 2006).

Um vasto conhecimento sobre a biologia da garoupa, focando nas áreas de reprodução, já estão disponíveis, porém, poucos trabalhos são publicados a respeito do cultivo de juvenis da espécie (Russo et al., 2011). Trabalhos comportamentais e sobre o bem estar relacionados à espécie são mais raros ainda.

O cultivo de Serranídeos é mais desenvolvido na Ásia, principalmente por causa do seu alto valor comercial no mercado asiático (Pierre et. al., 2008). No Brasil, a par dos esforços de pesquisa realizados nos últimos anos, a produção

da garoupa-verdadeira ainda é escassa. Estudos já comprovaram que o cultivo da garoupa-verdadeira em tanques-rede é viável economicamente no Sudeste brasileiro, porém, um dos fatores que prejudica esta atividade é a grande dificuldade na disponibilidade de formas jovens da espécie (Sanchez et al., 2006).

## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a utilização de abrigos na criação da garoupa-verdadeira em sistemas de recirculação.

### **Objetivos Específicos**

- Averiguar se há melhora no desempenho produtivo das garoupas criadas em tanques com enriquecimento ambiental;
- Definir a preferência da garoupa-verdadeira por um determinado abrigo.

## REFERÊNCIAS

Ashley, P.J. 2007. Fish welfare: current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3): 199-235.

Bergqvist, J.; Gunnarsson, S. 2013. Finfish aquaculture: Animal welfare, the environment, and ethical implications. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 26(1): 75-99.

Boere, V. 2001. Environmental enrichment for neotropical primates in captivity. *Ciência rural*, 31(3): 543-551.

Dawkins, M. S. 2004. Using behaviour to assess animal welfare. *Animal Welfare*, 13: 3-7.

De Oliveira, R. C. 2015. O panorama da aqüicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. *Revista INTERTOX de toxicologia, risco ambiental e sociedade*, 2(1).

Falcón, M. J.; Borbone, S. A.; Brito, A.; Bundrick, C. M. 1996. Structure of and relationships within and between the littoral, rock-substrate fish communities off four islands in the Canarian Archipelago. *Marine Biology*, 125: 215-231.

FAO 2014. Fishery and Aquaculture Statistics. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5716t.pdf>> Acesso em: 13 set. 2017.

FAO 2017. Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org/home/en/>> Acesso em: 13 set. 2017.

Figueiredo, J. L.; Menezes, N. A. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 90 p.

Fraser, D.; Weary, D. M.; Pajor, E. A.; Milligan, B. N. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare*, 6: 174-186.

Fujimoto, R. Y.; Ramos, F.; Torres, M.; Carneiro, P. 2014. Abrigos para criação do Acari Zebra, *Hypancistrus zebra*, em cativeiro. Embrapa Tabuleiros Costeiros- Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em: 27 set. 2017.

Galhardo, L.; Oliveira, R. 2006. Bem-estar animal: um conceito legítimo para peixes? *Revista de Etologia*, 8(1): 51-61.

Huntingford, F. A.; Adams, C.; Braithwaite, V. A.; Kadri, S.; Pottinger, T. G.; Sandøe, P.; Turnbull, J. F. 2006. Current issues in fish welfare. *Journal of fish biology*, 68(2): 332-372.

IUCN, 2017 The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>> Acesso em: 14 set. 2017.

La Mesa, G.; Louisy, P.; Vacchi, M. 2002. Assessment of microhabitat preferences in juvenile dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) by visual sampling. *Marine Biology*, 140(1):175–185.

Machado, L. F.; Bertoncini, Á. A.; Hostim-Silva, M.; Barreiros, J. P. 2003. Habitat use by the juvenile dusky grouper *Epinephelus marginatus* and its relative abundance, in Santa Catarina, Brazil. *Aqua—Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, 6(4): 133-138.

Mitcheson, D.; Sadovy, Y.; Liu, M. 2008. Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries*, 9(1): 1-43.

Oliveira, R. F.; Galhardo, L. 2007. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. *Revista Brasileira Zootecnia*, 36: 77-86.

Pedrazzani, A. S.; Fernandes-de-Castilho, M.; Carneiro, P. C. F.; Molento, C. F. M. 2007. Bem-estar de peixes e a questão da senciência. *Archives of Veterinary Science*, 12(3).

Pierre, S.; Gaillard, S.; Prévot-d'Alvise, N.; Aubert, J.; Rostaing-Capaillon, O.; Leung-Tack, D.; Grillasca, J. P. 2008. Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(3): 297-308.

Ramos, F. M.; Sanches, E. G.; Fujimoto, R.; Cottens, K. F.; Cerqueira, V. R. 2012. Crescimento de juvenis da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* submetidos a diferentes dietas. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(1): 81-88.

Rocha, C. M. C. D.; Resende, E. K. D.; Routledge, E. A. B.; Lundstedt, L. M. 2013. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 48(8): iv-vi.

Russo, T.; Scardi, M.; Boglione, C.; Cataudella, S. 2011. Application of the Self-Organizing Map to the study of skeletal anomalies in aquaculture: The case of dusky grouper (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834) juveniles reared under different rearing conditions. *Aquaculture*, 315(1): 69-77.

Sanches, E. G. 2006. Boas perspectivas para o cultivo de meros, garoupas e badejos no Brasil. *Panorama da Aqüicultura*, 16(93): 44-51.

Sanches, E. G. 2007. Piscicultura marinha no Brasil: uma alternativa de produção e conservação. *Aqüicultura e Pesca*, nov/dez: 16-22.

Sanches, E. G.; Henriques, M. B.; Fagundes, L. 2006. Viabilidade econômica do cultivo da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, região Sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, 36(8): 15-25.

Spinelli, J. S. 1987. Reducing pain in laboratory animals. *Laboratory animal science*, 65–70.

Teng, S. K.; Chua, T. E. 1979. Use of artificial hides to increase the stocking density and production of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages. *Aquaculture*, 16(3): 219-232.

Volpato, G. L. 2007. Considerações metodológicas sobre os testes de preferência na avaliação do bem-estar em peixes. *Revista brasileira de zootecnia*, 36.

Volpato, G. L.; Gonçalves-de-Freitas, E.; Fernandes-de-Castilho, M. 2007. Insights into the concept of fish welfare. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75(2): 165-171.

Whaylen, L.; Pattengill-Semmens, C. V.; Semmens, B. X.; Bush, P. G.; Boardman, M. R. 2004. Observations of a Nassau grouper, *Epinephelus striatus*, spawning aggregation site in Little Cayman, Cayman Islands, including multi-species spawning information. *Environmental Biology of Fishes*, 70(3): 305-313.

Woche, H.; Harsanyi, A.; Schwarz, F. J. 2011. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.): Impact of shelter availability and stocking density on growth and behavior. *Aquaculture*, 315: 340-347.

## **Artigo para Publicação**

“Utilização de abrigos na criação da garoupa-verdadeira em sistemas de recirculação”

Artigo redigido nas normas do periódico científico

**Boletim do Instituto de Pesca**

QUALIS B1

## UTILIZAÇÃO DE ABRIGOS NA CRIAÇÃO DA GAROUPA-VERDADEIRA EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO

Nayara Yoshimini de OLIVEIRA<sup>(1)</sup>, Otávio Mesquita de SOUSA<sup>(1)</sup> e Eduardo Gomes  
SANCHES<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte do Instituto de Pesca. Estrada  
Joaquim Lauro de Monte Claro Neto, nº 2275 CEP: 11680-000 Ubatuba, SP, Brasil.

E-mail: nayara\_yoshimini@hotmail.com

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a preferência por abrigos e o efeito da disponibilidade de abrigos sobre o desempenho produtivo de formas jovens da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) em sistemas de recirculação de água salgada. Foram realizados dois experimentos, o primeiro para a determinação da preferência por distintos tipos de abrigos (rochas, tijolos e tubos de PVC de diferentes cores) e o segundo sobre a utilização de abrigos, sendo três tratamentos (sem abrigos; um abrigo por peixe e dois abrigos por peixe). A garoupa-verdadeira apresentou preferência por abrigos de tubos de PVC de cor marrom. A utilização de abrigos favoreceu melhores desempenhos produtivos da espécie em sistemas de recirculação de água salgada.

Palavras-chave: *Epinephelus marginatus*, enriquecimento ambiental, desempenho zootécnico

## USE OF SHELTERS IN CULTURE OF DUSKY GROUPER IN RECIRCULATION SYSTEM

Abstract - The goal of this study was to evaluate the preference for shelters and the effect of the availability of shelters on the productive performance of dusky groupers *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) juveniles in salt water recirculation system. Two trials were conducted, the first one to determine the preference for different types of shelters (rocks, bricks and PVC pipes of different colors) and the second one on the use of shelters, with three treatments (without shelter; one shelter per fish and two shelters per fish). The dusky grouper showed preference for shelters of PVC tubes of brown

color. The use of shelters favored better productive performance of the species in saltwater recirculation systems.

Key words: *Epinephelus marginatus*, environmental enrichment, zootechnical performance

## INTRODUÇÃO

A piscicultura marinha ainda está em desenvolvimento no Brasil. Neste sentido, a criação de espécies de peixes marinhos ameaçados pode vir a ser uma importante ferramenta na conservação dos estoques pesqueiros. O desenvolvimento desta cadeia produtiva pode diversificar a maricultura no Brasil e propiciar geração de emprego e renda para comunidades litorâneas (Sanches et al., 2009). A garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) é uma espécie de peixe marinho com elevado valor comercial que apresenta vulnerabilidade à exploração humana (Cunha et al., 2013). Atualmente está incluída como ameaçada na lista vermelha da *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN, 2017). Os exemplares jovens habitam áreas costeiras com grande disponibilidade de abrigos, onde buscam refúgio e alimentação (Andrade et al., 2003). Entretanto, a criação da garoupa-verdadeira vem sendo realizada em tanques-rede ou em sistemas de recirculação sem a utilização de abrigos (Ramos et al., 2012; Sanches et al., 2014).

O sucesso na domesticação de peixes selvagens é caracterizado pela capacidade das espécies de se adaptarem ao ambiente de cativeiro (Kristiansen et al., 2004). No caso da garoupa-verdadeira, já existe conhecimento disponível na área de patologia (Roumbedakis et al., 2013; Souza et al., 2014), manejo alimentar (Ramos et al., 2012; Sanches et al., 2014) e na reprodução (Kerber et al., 2012; Cunha et al., 2013). Entretanto ainda existe uma lacuna em estudos que considerem as preferências biológicas na espécie na definição dos sistemas produtivos. Considerando os princípios de produção animal, a característica biológica da espécie deve ser levada em consideração na definição de sistemas de produção em cativeiro, visando proporcionar um ambiente o mais próximo possível com o que o indivíduo está acostumado no ambiente natural. O hábito de utilizar abrigos, portanto, necessita ser avaliado.

O enriquecimento ambiental consiste em uma série de medidas que modificam o ambiente físico ou social, melhorando a qualidade de vida dos animais cativos, proporcionando condições para o desempenho de suas necessidades etológicas (Boere, 2001). A disponibilidade de abrigos pode ser considerada uma forma de enriquecimento ambiental. A confecção dos abrigos pode variar de acordo com o tamanho, a espécie e com material escolhido, considerando sempre a disponibilidade local de material e o custo de aquisição. Os materiais utilizados deverão ser facilmente encontrados, ter um baixo custo, uma alta durabilidade e não serem tóxicos (Fujimoto et al., 2014). A utilização de abrigos já foi avaliada na aquicultura com diversas espécies de organismos com resultados positivos. Estudos com o peixe *Lota lota* concluíram que a combinação de alta intensidade de luz, tanques descobertos e disponibilidade insuficiente de abrigos influenciam negativamente o desempenho produtivo da espécie (Wocher et al., 2011). Utilizando pneus no criação de garoupa asiática *Epinephelus salmoides* em tanques-rede foi possível observar que, quando o animal dispõe de abrigos, a quantidade de energia é conservada e direcionada para o crescimento (Teng e Chua, 1979).

O baixo desempenho produtivo expressado pela garoupa-verdadeira pode estar relacionado ao desconhecimento de suas necessidades biológicas. Considerando a pequena disponibilidade de informações sobre o desempenho da garoupa-verdadeira em sistemas de recirculação e a ausência de informações sobre preferências e disponibilidade de abrigos, são necessários estudos sobre esta forma de enriquecimento ambiental neste sistema produtivo para que a espécie possa expressar seu potencial de crescimento em cativeiro.

O objetivo deste estudo foi avaliar a preferência por distintos tipos de abrigos e o efeito da disponibilidade de abrigos na produção da garoupa-verdadeira em sistemas de recirculação de água salgada. Nossa hipótese é que a garoupa-verdadeira terá preferência pelo abrigo de pedra, por este tipo simular as condições do ambiente natural. Paralelamente, nossa outra hipótese, considerando a utilização de distintos abrigos por parte da espécie em ambiente natural, é que a disponibilidade de maior quantidade de abrigos por peixe irá proporcionar melhores resultados produtivos para a criação desta espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Piscicultura Marinha, do Instituto de Pesca, localizado em Ubatuba/SP, Brasil. Os experimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal do Instituto de Pesca (001/2017). Os juvenis de garoupa-verdadeira foram obtidos por reprodução em cativeiro.

### Experimento I. Preferência por abrigos

Neste experimento foram avaliados quatro tipos de materiais utilizados como abrigos para a garoupa-verdadeira: (i) tijolo furado, (ii) pedras planas, (iii) tubo de PVC branco (iiii) tubo de PVC marrom. O abrigo de pedras era formado por 3 pedras planas, sendo uma superior apoiada em duas laterais. Os tubos de PVC receberam duas gotas de silicone lateralmente para evitar seu deslocamento por rolagem. Todos os abrigos apresentavam volume similar de 100 cm<sup>3</sup> e foram posicionados aleatoriamente e simultaneamente em um aquário de vidro de 100 litros, sem substrato de fundo, com as laterais e o fundo recobertos por plástico preto para evitar interferências externas. O aquário não dispunha de aeração para evitar influências nos abrigos com a movimentação da água.

Dez exemplares de garoupa-verdadeira (2,52±0,78 g e 5,3±0,6 cm comprimento total) foram introduzidas individualmente no aquário e registrado o tempo em que permaneciam dentro de cada abrigo, durante um período de 4 horas. As avaliações foram conduzidas por um único observador. Os peixes foram alimentados 12 horas antes do início e posteriormente ao final do experimento. A cada peixe a água do aquário era substituída para se evitar interferências. Os parâmetros da água do aquário foram: temperatura 28,1±0,6 °C; salinidade 31,8 ± 0,8; oxigênio dissolvido 6,0 ± 0,7 g L<sup>-1</sup>; amônia total 0,1 ± 0,1 mg L<sup>-1</sup>; pH 8,0 ± 0,5; potencial de óxido-redução (ORP) 242,6 ± 9,4 μS cm<sup>-1</sup>.

### Experimento II. Determinação da utilização de abrigos

Os peixes (06 indivíduos por tanque) (2,52±0,78 g e 5,3±0,6 cm comprimento total) foram divididos em três tratamentos e submetidos a diferentes disponibilidades de abrigo: sem abrigos; um abrigo por peixe e dois abrigos por peixe. Cada tratamento contou com três repetições, distribuídos, aleatoriamente, em nove tanques circulares com 150 litros, em sistema de recirculação de água salgada, dotado de filtragem

mecânica, *skimmer* e esterilização da água através de lâmpadas ultra-violeta. A taxa de circulação dos tanques foi de 200% (o volume total de água dos tanques era renovado duas vezes ao dia). Antes de ingressarem no sistema todos os peixes passaram por um banho de água doce por 5 minutos (Kerber et al., 2011) visando a eliminação de eventuais ectoparasitas. Como prática de operação, diariamente foi reposta, com água deionizada, as perdas por evaporação do sistema. Após a última alimentação diária, foi realizada a limpeza do fundo dos tanques, por sifonamento, para a remoção dos dejetos sólidos. Semanalmente, 10% do volume total do sistema de recirculação foi substituído, visando a eliminação de componentes não retidos ou eliminados pelo sistema de filtragem.

A temperatura e o teor de oxigênio dissolvido da água dos tanques foi monitorado com um oxímetro YSI modelo 51 (Yellow Springs Instrument Company, Yellow Springs, Ohio, EUA). A amônia total foi monitorada pelo método colorimétrico, com um Tetratest® Kit (Tetra Werke, Melle, Germany) e a salinidade com um refratômetro óptico F3000 (Bernauer Aquacultura, Blumenau, Brasil). O potencial de óxido-redução (ORP) foi mensurado através do PH-ORP Controller (PH-303) (Omega Engineering Inc., Taiwan). Todos os parâmetros foram mensurados diariamente na canaleta que reunia a saída de água de todos os tanques. A qualidade da água do sistema de recirculação manteve-se dentro da faixa aceitável para o criação da garoupa-verdadeira: temperatura  $28,3 \pm 0,9$  °C; salinidade  $30,5 \pm 2,3$ ; oxigênio dissolvido  $6,5 \pm 0,9$  g L<sup>-1</sup>; amônia total  $0,1 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup>; pH  $8,0 \pm 0,5$ ; potencial de óxido-redução (ORP)  $283,1 \pm 8,2$  μS cm<sup>-1</sup>.

Como dieta alimentar foi utilizada ração comercial com a composição centesimal descrita pelo fabricante (Proteína Bruta 41,8%, Extrato Etéreo 8,75%, Cinzas 6,77%, Fibra Bruta 1,96%). Esta ração apresentava granulometria entre 1 a 2 mm de diâmetro. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (09:00 h; 12:00 h; 17:00 h) com uma taxa alimentar de 10% PV dia<sup>-1</sup>. Nesta situação, o peso total do alimento ofertado foi mensurado após cada alimentação.

O experimento teve duração de 60 dias. Diariamente foram verificados o consumo de alimento (por diferença de peso entre o alimento a ser fornecido e o alimento que restava ao final da alimentação) e a ocorrência de mortalidade. Para obtenção dos dados biométricos, os peixes de todos os tratamentos foram anestesiados com benzocaína (0,05 g L<sup>-1</sup> de água) e, em seguida, medidos (cm) em ictiômetro e pesados (g) individualmente em balança eletrônica digital (precisão de 0,01 g) no início e a cada vinte dias até o final do período experimental.

A partir dos valores de comprimento total (cm), peso (g) e ingestão (g/dia) e do registro de ocorrência de mortalidade, foram calculados os seguintes parâmetros de desempenho:

Sobrevivência (S, %) =  $100 \times (P_{xf} / P_{xi})$ . Em que  $P_{xf}$  = número de peixes no final do período experimental;  $P_{xi}$  = número de peixes no início do período experimental.

Taxa de crescimento específico TCE peso (%Peso Vivo/dia) =  $100 \times (\ln pf - \ln pi) / t$ . Em que  $pf$  = peso médio final;  $pi$  = peso médio inicial;  $t$  = número de dias do período experimental.

Ganho de peso diário:  $GPD (g/dia) = (pf - pi) / t$

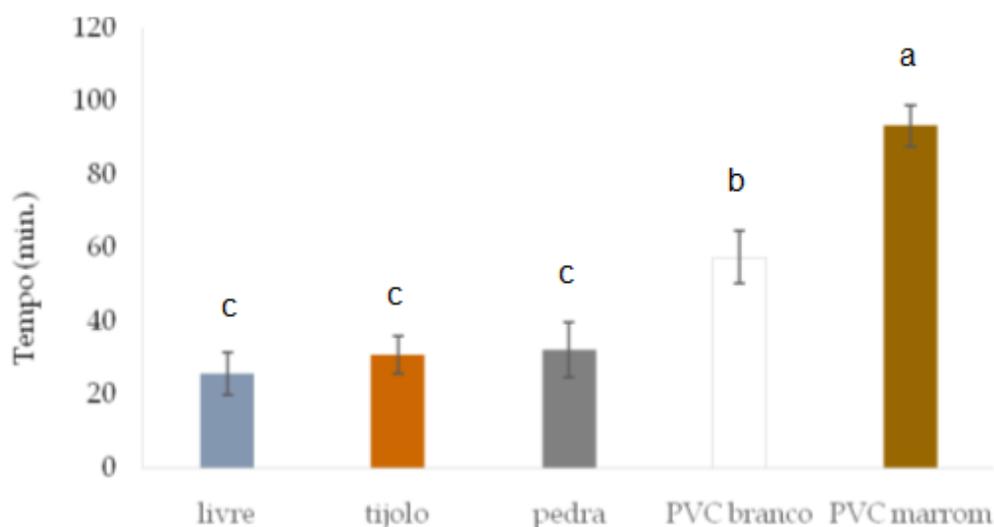
Conversão alimentar aparente:  $CA_{ap} = C/GP$ . Em que  $C$  = quantidade total de alimento consumida no período;  $GP$  = ganho de peso no período experimental.

Análises estatísticas.

O experimento I contou com quatro tratamentos e dez repetições aleatorizados (sendo o peixe considerado a réplica) por sorteio através do Excel. O experimento II contou com três tratamentos e três repetições (sendo o tanque a réplica). Todos os dados, de ambos os experimentos, foram testados para normalidade e homogeneidade das variâncias. Para comparação entre os tratamentos, as médias dos parâmetros avaliados foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Os valores expressos em porcentagem (sobrevivência) foram transformados de acordo com a fórmula: variável transformada =  $\arcsen \sqrt{x}$ . Em caso de diferença significativa, foi aplicado o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## RESULTADOS

Os dados obtidos no experimento de preferência por abrigos demonstraram que a garoupa-verdadeira, ao ser liberada no aquário, apresentava rápida ambientação. Foi observado uma significativa preferência da espécie pela utilização de abrigos, permanecendo neles mais de 80% do tempo de observação. Após 20 a 40 minutos da introdução no aquário, os peixes passavam a buscar diferentes abrigos, com nítida preferência pelo tubo de PVC de cor marrom (Figura 1).



**Figura 1.** Médias e desvios padrão do tempo (em minutos) de permanência da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* em cada abrigo durante o tempo de observação de quatro horas (n=10 peixes). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ).

No segundo experimento, em sistema de recirculação de água, com a oferta de abrigos, a garoupa-verdadeira apresentou diferenças no desempenho produtivo. Não foi registrada mortalidade, indicando a adaptabilidade da espécie ao sistema de produção em recirculação de água. Os peixes dos tanques em que foram disponibilizados abrigos, apresentaram melhor desempenho produtivo para peso final, taxa de crescimento específico, ganho de peso diário e conversão alimentar aparente quando comparado ao tratamento controle (sem disponibilidade de abrigos) (Tabela 1). Entretanto, não houve diferença estatística entre os tratamentos que disponibilizavam abrigos em quantidades diferentes.

**Tabela 1.** Médias e desvios padrão dos parâmetros de desempenho produtivo da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* submetido a diferentes disponibilidades de abrigos durante 60 dias (n=3)<sup>1</sup>.

Parâmetros	SEM ABRIGO	UM ABRIGO	DOIS ABRIGOS
Comprimento final (cm)	6,3 ± 0,6	6,6 ± 0,6	6,7 ± 0,7
Peso final (g)	4,18 ± 0,38 <sup>b</sup>	4,97 ± 0,49 <sup>a</sup>	4,77 ± 0,42 <sup>a</sup>
Biomassa final (g)	24,98 ± 5,61	29,79 ± 6,47	28,00 ± 5,94
Sobrevivência (%)	100,00 ± 0,0	100,00 ± 0,0	100,00 ± 0,0
Crescimento específico (%PV dia <sup>-1</sup> )	1,03 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,23 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,20 ± 0,05 <sup>a</sup>
Ganho de peso diário (g dia <sup>-1</sup> )	0,02 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,02 <sup>a</sup>
Conversão alimentar aparente	1,5 ± 0,2 <sup>b</sup>	1,1 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,2 ± 0,1 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Linhas com diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos (P<0.05).

## DISCUSSÃO

A garoupa-verdadeira é uma espécie associada a fundos rochosos consolidados (Machado et al., 2003). A opção pelos diferentes tipos de abrigos demonstrou que o enriquecimento ambiental pode contribuir para a manutenção da espécie em cativeiro. Contrariamente à hipótese formulada, a garoupa-verdadeira não apresentou maior preferência pelo abrigo de pedra, ou similar em tijolo, optando pelo tubo de PVC marrom. Esta preferência pode estar associada ao abrigo de pedra ser composto por três pedras planas sendo que a base de apoio ao peixe se constituir no vidro do aquário o que poderia não favorecer uma melhor ambientação. Por outro lado, o tubo de PVC de cor marrom proporcionou uma maior sensação de segurança, dado sua menor refração de luz. A variedade de abrigos também demonstrou que a garoupa-verdadeira apresenta preferências na seleção e a opção pelos tubos de PVC de cor mais escura pode estar relacionado à maior sensação de ocultação proporcionada por este tipo de abrigo. Na natureza os exemplares jovens buscam constantemente tocas mais escuras e profundas para se abrigarem de peixes maiores (Machado et al., 2003).

O maior tempo de permanência nos abrigos de PVC, notadamente no de cor marrom, contraria o observado por Ramos et al. (2013), que ao avaliar distintos abrigos para o cascudo zebra *Hypancistrus zebra*, observaram que esta espécie apresentou maior

tempo de permanência no abrigo de pedra. Estes resultados demonstraram que diferentes espécies podem ter preferências por tipos diferentes de abrigos, independente das características de seu habitat natural. O estudo com *Hypancistrus zebra* demonstrou que a seleção do abrigo não é aleatória e indica que a natureza do material pode afetar significativamente a aceitação do abrigo pelo animal.

O enriquecimento ambiental pode ser uma ferramenta importante para a manutenção de espécies em processo de domesticação (Galhardo e Oliveira, 2006). Diversos experimentos abordando a eficiência do enriquecimento ambiental em peixes relataram uma série de benefícios comportamentais (Salvanes et al., 2013). A presença de abrigos provocou diferenças no comportamento agressivo do bacalhau-do-Atlântico *Gadus morhua*, nos tanques com enriquecimento ambiental, foi observado um maior domínio social (Salvanes e Braithwaite, 2005). O enriquecimento ambiental para esta mesma espécie melhorou a maneira como os animais respondem a novas situações, apresentando maior facilidade em aprendizagem no condicionamento em cativeiro (Strand et al., 2010). Trabalhos com crustáceos constataram uma melhora no desempenho zootécnico quando utilizado enriquecimento ambiental. Utilizando substratos artificiais na criação de *Litopenaeus vannamei* em uma alta densidade, foi demonstrado que a presença de substratos mitiga os efeitos negativos da intensificação da densidade, disponibilizando para os camarões um aumento na área da superfície do tanque, reduzindo o estresse e melhorando o desempenho (Schveitzer et al., 2017). Embora sejam espécies de grupos distintos, este trabalho demonstrou a importância do enriquecimento ambiental em sistemas de cultivo de organismos aquáticos. Considerando que a garoupa-verdadeira ainda é uma espécie em processo de domesticação e os resultados do teste de preferência, torna-se necessário mais estudos nesta linha de pesquisa, com foco em indicadores de estresse, como por exemplo o cortisol e o lactato, para a obtenção de melhores resultados no cultivo desta espécie.

Juvenis de salmão-do-Atlântico *Salmo salar* em tanques com enriquecimento ambiental apresentaram crescimento significativamente superior comparados com o tratamento controle, porém, os peixes criados sob condições ambientais enriquecidas foram menos dispostos a sair do abrigo, demonstrando claramente uma transformação comportamental se comparado com indivíduos selvagens (Roberts et al., 2011). Em geral, os abrigos reduzem a atividade e aumentam potencialmente a economia de

energia, porém, podem reduzir também a detectabilidade do alimento e diminuir o tempo de forrageio (Naslund e Johnsson, 2016). No caso da garoupa-verdadeira, a presença de distintas quantidades de abrigos por peixe não implicou em mudanças comportamentais para ingestão de alimento.

Em algumas situações o enriquecimento ambiental pode ter um efeito negativo e aumentar a taxa de agressividade dos indivíduos. Machos de tilápias-do-Nilo *Oreochromis niloticus* quando introduzidos nos tanques com enriquecimento ambiental apresentavam um comportamento mais agressivo, afetando até a forma de luta dos espécimes (Barreto et al., 2011). No presente estudo não foram observados comportamentos agressivos ou territorialistas para a garoupa-verdadeira.

As diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos dos peixes no sistema de recirculação de água demonstraram que a disponibilidade de um abrigo por peixe já foi suficiente para promover menor estresse nas condições de criação, proporcionando melhor desempenho zootécnico. O estresse tem impacto econômico negativo, prejudicando os sistemas, afetando a saúde dos peixes, produtividade e qualidade do produto final (Eissa e Wang, 2016). As causas estressoras na aquicultura também podem reduzir a motivação e a ingestão alimentar (Martins et al., 2012). O estresse agudo e crônico também pode desencadear uma série de mecanismos de defesa que exigem energia, portanto, induzindo uma elevação da taxa metabólica animal (Lupatsch et al., 2010). Os peixes respondem as condições de confinamentos através do desencadeamento de mecanismos fisiológicos, adaptando-se as novas condições. Porém, quando a resposta fisiológica excede o limite crítico, haverá uma mudança no comportamento da natação e um aumento na taxa de agressividade (Schreck et al., 1997; Ramos et al., 2013).

A melhora no desempenho produtivo dos peixes que dispunham de abrigos disponíveis pode estar relacionada, também, com a mobilidade. As observações efetuadas demonstraram que os peixes providos de abrigo permaneciam mais tempo em repouso dentro do abrigo enquanto que os peixes sem abrigo apresentavam uma mobilidade maior. O melhor desempenho em ambientes com abrigo é, portanto, provavelmente causado por custos metabólicos reduzidos devido a maior permanência em repouso (Benhaïm et al., 2009). No ambiente natural a garoupa-verdadeira passa expressiva parte do tempo dentro das tocas (abrigos) somente saindo para se alimentar

(Machado et al., 2003). Desta forma a espécie conserva energia, direcionando os nutrientes da alimentação para o crescimento. Mesmo espécies que são menos dependentes de abrigos em condições de ambiente natural podem ser beneficiadas, baseado na questão da conservação da energia. Melhora significativa no desempenho de juvenis de salmão-do-Atlântico *Salmo salar* foram observadas ao se disponibilizar abrigos, sendo reportado pelos autores a redução nos custos metabólicos, já que a espécie no inverno geralmente têm orçamentos de energia negativos, e os peixes dependem em grande parte da energia armazenada para sobreviver (Finstad et al., 2007).

Outro ponto relevante reside no fato de que as garoupas possuem o hábito de se abrigarem após a ingestão de alimento, sendo que nesta situação, os abrigos recriam o ambiente natural, diminuindo o estresse causado pelo confinamento e aumentando o crescimento dos peixes (Teng e Chua, 1979). Outra espécie da família Serranidae, *Centropristis striata*, apresentou uma diferença significativa no crescimento em exemplares que dispunham de abrigos nos tanque, crescendo 1,7 vezes mais do que os alojados em tanques sem abrigos (Gwak, 2003). Por outro lado, este mesmo autor relatou que a presença de abrigos aumentou a competição intraespecífica, o territorialismo e o canibalismo, acarretando a morte de vários indivíduos. Os abrigos promovem a sobrevivência por diminuírem a interação entre os animais, aumentam a área do tanque e diminuem o efeito da densidade, porém, cada espécie reage de uma forma, podendo ter efeitos positivos e negativos (Verhoef e Austin 1999). A elevada sobrevivência obtida neste estudo com a garoupa-verdadeira demonstrou que a espécie não apresenta, quando da disponibilidade de abrigos, elevação na competição intraespecífica, maiores disputas por territórios ou canibalismo. Neste sentido, futuros estudos poderiam abordar a criação da garoupa-verdadeira em maiores densidades com disponibilização de abrigos, avaliando o desempenho zootécnico.

O ganho de peso diário, a taxa de crescimento específico e a conversão alimentar foram significativamente melhores para as condições de disponibilidade de abrigos. Alguns autores não observaram relação entre disponibilidade de abrigos e conversão alimentar. Gwak (2003) e Rahmah et al. (2014), estudando *Centropristis striata* e *Mystus nemurus*, respectivamente, concluíram que a conversão alimentar não foi influenciada pela disponibilidade de abrigos. Contudo Ruangpanl e Yashio (1994) correlacionaram a melhoria nas taxas de conversão alimentar com a diminuição das taxas metabólicas. A

existência de abrigos proporcionaria esse benefício metabólico aos peixes, consolidando o objetivo de proporcionar maior bem-estar aos peixes cultivados. O bem-estar dos peixes pode ser definido como o estado interno de um peixe quando permanece em condições que foram escolhidas livremente (Volpato et al., 2007). Considerando-se a praticidade na operação dos sistemas de criação e o incremento de desempenho, a disponibilidade de apenas um abrigo por peixe mostrou-se adequada para a garoupa-verdadeira, proporcionando resultados adequados de bem-estar e produtividade.

A par da maior complexidade na disposição de abrigos em sistemas produtivos, os resultados aqui apresentados demonstraram que na faixa de peso avaliada a disponibilidade de abrigos proporcionou melhor desempenho. Considerando a importância do enriquecimento ambiental e a viabilidade econômica das criações, associada ao bem-estar animal, deve ser buscado um equilíbrio visando criações sustentáveis (Garcia-Guerrero e Apun-Molina, 2008). Neste sentido, futuros estudos deveriam abordar aspectos fisiológicos de bem-estar na garoupa-verdadeira, notadamente mensurando o cortisol e o lactato, visando elevar a compreensão sobre a criação desta espécie em sistemas intensivos de produção.

## **CONCLUSÕES**

A garoupa-verdadeira apresentou preferência por abrigos feitos de tubos de PVC na cor marrom e a utilização de abrigo interfere positivamente no desempenho produtivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores prestam seus agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo financiamento deste projeto (processo 2014/07886-7) e à CAPES pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora.

## REFERÊNCIAS

Andrade, A.B.; Machado, L. F.; Hostim-silva, M.; Barreiros, J.P. 2003. Reproductive biology of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Brazilian Archives of Biology and Technology, 46(3): 373-382.

Barreto, R. E.; Carvalho, G.; Arantes, G.; Volpato, G. L. 2011. The aggressive behavior of Nile tilapia introduced into novel environments with variation in enrichment. Zoology, 114(1): 53-57.

Benhaïm, D.; Leblanc, C. A.; Lucas, G. 2009. Impact of a new artificial shelter on Arctic charr (*Salvelinu salpinus*, L.) behaviour and culture performance during the endogenous feeding period. Aquaculture, 295(1): 38-43.

Boere V. 2001. Behavior and environment enrichment. In: Fowler ME, Cubas ZS. Biology, medicine and surgery of South American wild animals. Ames, IA: Iowa University Press. p.263-266.

Cunha, M.E.; Re, P.; Quental-Ferreira, H.; Gavaia, P.J.; PousãoFerreira, P. 2013. Larval and juvenile development of dusky grouper *Epinephelus marginatus* reared in mesocosms. Journal of Fish Biology, 83(4): 448-465.

Eissa, N.; Wang, H. 2016. Transcriptional stress responses to environmental and husbandry stressors in aquaculture species. Reviews in Aquaculture, 8(1): 61-88.

Finstad, A. G.; Einum, S.; Forseth, T.; Ugedal, O. 2007. Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. Freshwater Biology, 52(9): 1710-1718.

Fujimoto, R.Y.; Ramos, F.; Torres, M.; Carneiro, P. 2014. Abrigos para criação do Acari Zebra, *Hypancistrus zebra*, em cativeiro. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em: 27 set. 2017.

Galhardo, L.; Oliveira, R. 2006. Bem-estar animal: um conceito legítimo para peixes? Revista de Etologia, 8(1): 51-61.

García-Guerrero, M.U.; Apun-Molina, J.P. 2008. Density and shelter influence the adaptation of wild juvenile cauque prawns *Macrobrachium americanum* to culture conditions. North American Journal of Aquaculture, 70(3): 343-346.

Gwak, W.S. 2003. Effects of shelter on growth and survival in age-0 black sea bass, *Centropristis striata* (L.). Aquaculture Research, 34(15): 1387-1390.

IUCN Red List of Threatened Species. 2017. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acessado em: 10 mai. 2018.

Kerber, C. E.; Sanches, E. G.; Santiago, M.; Luque, J. L. 2011. First record of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in sea-farmed cobia (*Rachycentron canadum*) in Brazil. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 20(4): 331-333.

Kerber, C.E.; Azevedo silva, H.K.; Santos, P.A.; Sanches. E.G. 2012. Reproduction and larviculture of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in Brazil. Journal of Agricultural Science and Technology B, 2(2B): 229-234.

Kristiansen, T.S.; Fernö, A.; Holm, J.C.; Privitera, L.; Bakke, S.; Fosseidengen, J.E. 2004. Swimming behaviour as an indicator of low growth rate and impaired welfare in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) reared at three stocking densities. Aquaculture, 230(2): 137-151.

Lupatsch, I.; Santos, G. A.; Shcrama, J. W.; Verreth, J. A. J. 2010. Effect of stocking density and feeding level on energy expenditure and stress responsiveness in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 298(4): 245-250.

Machado, L.F.; Andrade, A.B.; Hostim – Silva, M.; Barreiros, J.P. 2003. Habitat use by the juvenile dusky grouper *Epinephelus marginatus* and relative abundance, in Santa Catarina, Brazil. *Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, 6(4): 133-138.

Martins, C. I.; Galhardo, L.; Noble, C.; Damsgård, B.; Spedicato, M. T.; Zupa, W.; Beauchaud, M.; Kulczykowska, E.; Massabuau, J.; Carter, T.; Planellas, S. R.; Kristiansen, T. 2012. Behavioural indicators of welfare in farmed fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(1): 17-41.

Näslund, J.; Johnsson, J.I. 2016. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. *Fish and Fisheries*, 17(1): 1-30.

Oliveira, R.F.; Galhardo, L. 2007. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. *Revista Brasileira Zootecnia*, 36(2): 77-86.

Rahmah, S.; Kato, K.; Yamamoto, S.; Takii, K.; Murata, O.; Senoo, S. 2014. Improved survival and growth performances with stocking density manipulation and shelter availability in bagrid catfish *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes 1840) larvae. *Aquaculture Research*, 45(12): 2000-2009.

Ramos, F. M.; Sanches, E. G.; Fujimoto, R.; Cottens, K. F.; Cerqueira, V. R. 2012. Crescimento de juvenis da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* submetidos a diferentes dietas. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(1): 81-88.

Ramos, F.M.; Recuero, L.B.; Silva, T.V.N.; Fujimoto, R.Y.; Lee, J.T.; Torres, M.F. 2013. Shelter selection in the Amazonian zebra pleco, *Hypancistrus zebra* Isbrucker & Nijissen, 1991 (Siluriformes: Loricariidae): requirements in rearing conditions. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(3): 927-929.

Roberts, L. J.; Taylor, J.; De Leaniz, C. 2011. Environmental enrichment reduces maladaptive risk-taking behavior in salmon reared for conservation. *Biological Conservation*, 144(7): 1972-1979.

Roumbedakis, K.; Marchiori, N.C.; Paseto, Á.; Gonçalves, E. L. T.; Luque, J. L.; Cepeda, P. B.; Martins, M. L. 2013. Parasite fauna of wild and cultured dusky-grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) from Ubatuba, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 73(4): 871-878.

Ruangpanl, N.; Yashio, R. 1994. A review of grouper (*Epinephelus* spp.) and seabass (*Lates calcarifer*) culture in Thailand. In: Culture of high-value marine fishes in Asia and the United States: proceedings of a workshop in Honolulu, Hawaii. Oceanic Institute, 167.

Salvanes, A.G.V.; Braithwaite, V.A. 2005. Exposure to variable spatial information in the early rearing environment generates asymmetries in social interactions in cod (*Gadus morhua*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59(2): 250-259.

Salvanes, A. G. V.; Moberg, O.; Ebbesson, L. O.; Nilsen, T. O.; Jensen, K. H.; Braithwaite, V. A. 2013. Environmental enrichment promotes neural plasticity and cognitive ability in fish. *Proceeding of the Royal Society B*, 280(1767): 1-7.

Sanches, E.G.; Oliveira, I.R.; Serralheiro, P.C. 2009. Crioconservação do sêmen da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(3): 389-399.

Sanches, E. G.; Silva, F. C.; Leite, J. R.; Silva, P. K. A.; Kerber, C. E.; Santos, P. A. 2014. A incorporação de óleo de peixe na dieta pode melhorar o desempenho da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*? *Boletim do Instituto de Pesca*, 40(2): 147-155.

Schreck, C. B.; Olla B. L.; Davis, M. W. 1997. Behavioral responses to stress. *Fish stress and health in aquaculture*, 62(2): 145-170.

Schweitzer, R.; Sabino, Z. L. T.; Estér, O. N.; Copetti, T. M. F.; Dias, M. I. 2017. Format and mode of artificial substrate fixation affect the performance of *Litopenaeus vannamei* in high-density rearing systems. *Aquaculture Research*, 49(3): 1357-1362.

Souza, R. S. R.; Annuniação, W. F.; Lins, S. M.; Sanches, E. G.; Martins, M. L.; Tsuzuki, M. Y. 2014. Can barber goby *Elacatinus figaro* control *Neobenedenia melleni* infections on dusky grouper *Epinephelus marginatus*? *Aquaculture Research*, 45: 619–628.

Strand, D.A.; Utne-Palm, A.C.; Jakobsen, P.J.; Braithwaite, V.A.; Jensen, K. H.; Salvanes, A.G. 2010. Enrichment promotes learning in fish. *Marine Ecology Progress Series*, 412(2): 273-282.

Teng, S.K.; Chua, T.E.1979. Use of artificial hides to increase the stocking density and production of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages. *Aquaculture*, 16(2): 219-232.

Verhoef, G.D.; Austin, C. M. 1999. Combined effects of shelter and density on the growth and survival of juveniles of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark: Part 2. *Aquaculture*, 170(1): 49-57.

Volpato, G.L.; Gonçalves-de-Freitas, E.; Fernandes-de-Castilho, M. 2007. Insights into the concept of fish welfare. *Diseases of Aquatic Organisms*, 75(2): 165-171.

Wocher H.; Harsanyi, A.; Schwarz F.J. 2011. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.): Impact of shelter availability and stocking density on growth and behavior. *Aquaculture*, 315(3): 340-347.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar a preferência e o uso de abrigos no desempenho produtivo da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*. Nossas observações demonstraram que a garoupa-verdadeira apresentou preferência entre os abrigos testados e que o uso de abrigos influenciou no desempenho produtivo.

Por meio dos experimentos realizados conseguimos detectar que a espécie apresenta preferência pelos abrigos feitos de cano PVC de cor marrom e que a utilização de abrigos no cultivo da garoupa-verdadeira melhora significativamente o desempenho produtivo, apresentando uma melhora nos valores dos parâmetros dos tanques que tinham pelo menos um abrigo disponível por indivíduo.

A garoupa-verdadeira é uma espécie ameaçada de extinção e os estudos com formas jovens podem ser uma excelente ferramenta para o desenvolvimento produtivo e para programas de repovoamento da espécie.