UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

DIFERENÇAS MORFOFISIOLÓGICAS DO TRATO GASTROINTESTINAL DE TAINHAS *Mugil liza* PROVENIENTES DE CRIAÇÃO E DO AMBIENTE

DANIELA LEMES DA COSTA

FURG

RIO GRANDE, RS

2017

DIFERENÇAS MORFOFISIOLÓGICAS DO TRATO GASTROINTESTINAL DE TAINHAS *Mugil liza* PROVENIENTES DE CRIAÇÃO E DO AMBIENTE

DANIELA LEMES DA COSTA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande

Orientador: Dr. Marcelo B. Tesser
Co-orientador: Dr. Luís Alberto Romano

RIO GRANDE, RS
JULHO/ 2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Sumário

RESUMO V
INTRODUÇÃO GERAL 6
DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE 6
DISTRIBUIÇÃO E CICLO DE VIDA 7
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA 9
CRIAÇÃO DE TAINHA 11
MORFOLOGIA DO TRATO 13
PLASTICIDADE E RESPOSTA À DIETA 15
OBJETIVOS 18
OBJETIVO GERAL 18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 19
CAPITULO ÚNICO: Artigo científico da presente dissertação para submissão em periódico internacional. 25
Resumo 26
Introdução 28
Materiais e métodos 29
Animais utilizados e suas origens 29
Dissecação e aferições 30
Morfometria 30
Análise de pH 30
Análises histológicas 31
Análises estatísticas 31
Resultados 31
Morfometria 31
pH gastrointestinal 32
Histologia 33
Discussão 36
Conclusões 42
Referências bibliográficas 43

RESUMO

A tainha apresenta um trato gastrointestinal sofisticado, o que lhe permite aproveitar alimentos nutricionalmente pobres. Devido ao trato ser modulado pelos diferentes tipos de alimentos disponíveis no meio, o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações morfofisiológicas do trato digestório de tainhas, *Mugil liza*, provenientes de diferentes ambientes. Foram utilizados 20 exemplares de *M. liza*, sendo cinco provenientes da praia do Cassino (PC), 10 da Lagoa dos Patos (LP). Destes, cinco foram mantidos por 147 dias em sistema de recirculação (LP-RAS) e cinco em de tanque rede por x dias (RAS-TR). Os organismos da LP-RAS foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial com 38% de PB e os de RAS-TR com 42% de PB. Todas as tainhas foram eutanasiadas com benzocaína (500 mg/L) e logo após os organismos da PC, LP e RAS-TR foram transportados até o laboratório em isopor com água+gelo (temperatura <4ºC). Foram analisados o peso, comprimento total, quociente intestinal (QI), índice estomacal (IE), índice de conteúdo estomacal (ICE), pH do trato e distribuição de células caliciformes nos cecos e intestino. Os exemplares do ambiente apresentaram um QI, IE e ICE estatisticamente maior que o de cativeiro. O pH estomacal dos peixes RAS-TR foi mais ácido em relação aos da PC, sendo que os tratamentos LP e LP- RAS permaneceram em uma condição intermediária. A partir dos cecos não houve diferença no pH entre as diferentes origens, exceto no intestino médio. Foi verificado maior número de células caliciformes no intestino distal e cecos pilóricos, seguido do intestino proximal e intestino médio. Os dados sugerem que as alterações morfofisiológicas são adaptações moduladas pelo grau de facilidade de digestão e absorção dos nutrientes que cada alimento contém devido a sua composição, de modo que as rações por serem assimiladas mais rápido, tendem a reduzir o peso do estômago e a área de absorção do intestino. Além disso, acredita-se que a presença de alimentos mais proteicos aumenta a liberação de suco gástrico reduzindo o pH estomacal. O maior número de células caliciformes foi verificado justamente nos locais onde há necessidade de aumentar a absorção, lubrificação e proteção do epitélio

Palavras chaves: plasticidade, confinamento, fisiologia, moela, morfologia, Mugilídeos

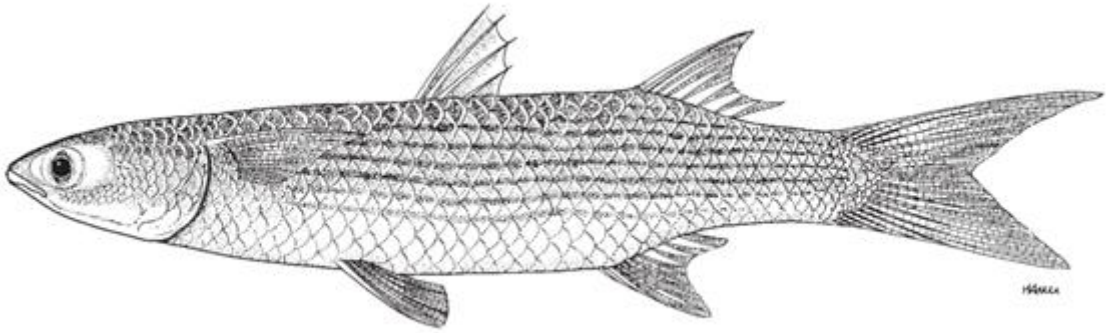
INTRODUÇÃO GERAL

DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

A tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836, pertence à família Mugilidae, ordem dos Mugiliformes atualmente composta por 20 gêneros e 71 espécies (GONZÁLEZ-CASTRO & GHASEMZADEH, 2016). O gênero *Mugil* é o único que ocorre no litoral brasileiro com sete espécies (MENEZES et al., 2015). A identificação e caracterização adequada das espécies de tainhas que ocorrem na região do Atlântico do sul do Caribe até América do Sul é um pré-requisito para a compreender as semelhanças e suas diferenças morfológicas, visto que algumas espécies dessas localidades já foram classificadas erroneamente por serem similares (MENEZES et al., 2015). Anteriormente a *M. liza* era classificada como *M. platanus*, no entanto, MENEZES et al. (2010) mostraram por meio de estudos filogenéticos, que ambas são a mesma espécie, por esse motivo a última denominação foi banida.

As espécies de Mugilidae apresentam morfologia externa e anatomia interna notavelmente uniformes, dificultando a diferenciação entre elas por estes quesitos. Usualmente são classificadas morfologicamente por medições de proporções corporais que avaliam a posição relativa das narinas, o número e forma dos raios branquiais, os comprimentos relativos das nadadeiras, a presença ou a ausência de uma pálpebra adiposa, bem como o número de cecos pilóricos e o comprimento relativo do intestino (GONZÁLEZ-CASTRO & MINOS, 2016)

O corpo da *M. liza* é moderadamente alongado, sem linha lateral (Figura I), apresenta cor escura (cinza azulado) e prateada nas laterais e no ventre. Possui estrias escuras horizontais, mais fortes na região superior das laterais e mais fracas na parte inferior, desaparecendo completamente no ventre (FISCHER et al., 2011). A cabeça é relativamente grande e achatada com os olhos parcialmente cobertos por tecido adiposo e a boca pequena terminal (MENEZES et al., 2015).



Fonte: (FAO, 1999)

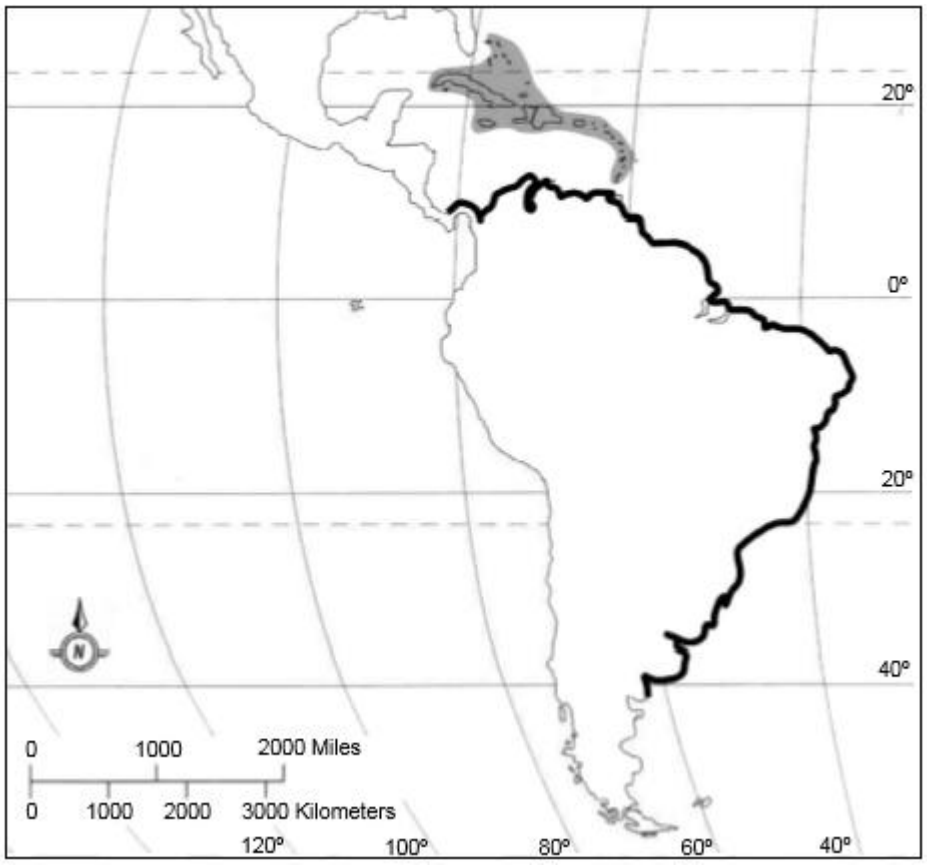
Figura I- Exemplar adulto de *Mugil liza* Valenciennes, 1836.

Todas as nadadeiras (exceto as pélvicas) apresentam coloração com cromatóforos escuros. A primeira nadadeira dorsal tem quatro espinhos e a segunda nove raios (oito ramificados e um não ramificado). Já a nadadeira peitoral tem de 14 a 17 raios ramificados, sendo um não ramificado. A nadadeira pélvica tem um espinho e cinco raios ramificados e a anal possui três espinhos e oito raios ramificados nos adultos e dois espinhos e nove raios ramificados nos juvenis. As nadadeiras, dorsal e anal, podem ser ou não cobertas na porção basal por pequenas escamas. Apresentam de 29 a 39 escamas na série transversal e de 17 a 20 escamas no pedúnculo caudal. Possuem 24 ou 25 vértebras e o primeiro arco branquial tem entre 22 e 80 rastros de modo que esta grande diferença é devido ao fato de que o número aumenta à medida que o peixe cresce em comprimento (MENEZES et al., 2015).

A tainha mede em média 50 cm de comprimento, mas existem relatos de até 100 cm e chega a pesar de 6 a 8 kg, sendo classificada como um peixe de médio porte (FAO, 1999)

DISTRIBUIÇÃO E CICLO DE VIDA

A distribuição da *M. liza* se dá desde o Atlântico, nas águas costeiras ao redor das Bermudas e do sul da Flórida, nas Índias Ocidentais, nas Bahamas e em todo o Mar do Caribe até o sul até a Argentina (MENEZES et al., 2010; BARLETTA & DANTAS, 2016).



Fonte: (BARLETTA & DANTAS, 2016)

Figura II- Distribuição de tainhas *Mugil liza* na Costa Atlântica da América do Sul (margem em preto) e região do Caribe (área cinza)

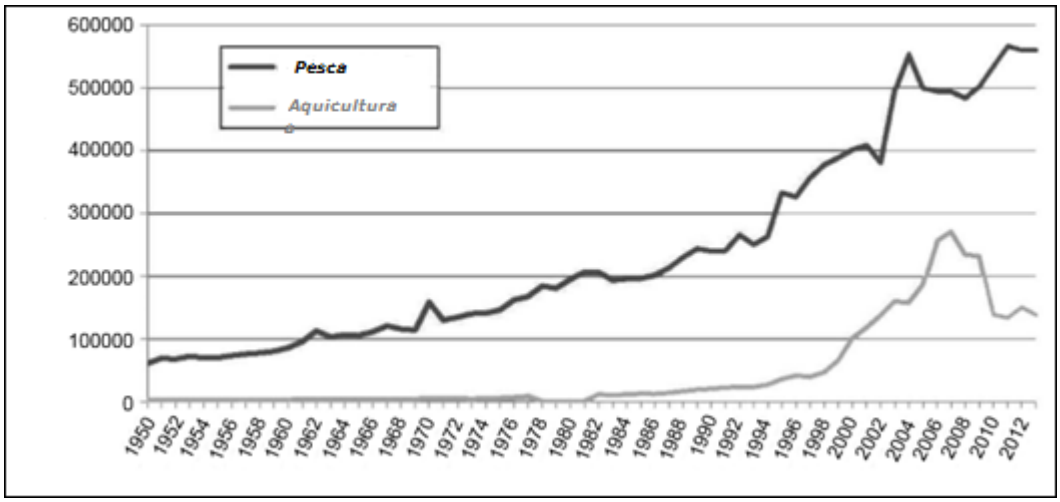
É considerada uma espécie catádroma, eurialina e euritérmica (NETO & DIAS, 2015; MENEZES et al., 2015; LEMOS et al., 2014; FISCHER et al., 2011; FAO, 1999) que passa a maior parte de seu ciclo de vida em ambientes estuarinos e inicia o processo de migração reprodutiva para o oceano no outono, para desovar no inverno (MENEZES et al., 2015). Após a desova, as larvas e juvenis retornam para os estuários, que são usados como ambientes de criação e alimentação (OLIVEIRA & BEMVENUTI, 2006). Os juvenis permanecem no estuário até a idade de primeira maturação, quando realizam a primeira migração reprodutiva (LEMOS et al., 2014).

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A pesca e a criação da tainha já exerciam papel socioeconômico importante para as civilizações do Egito antigo, na região do Mediterrâneo (LIAO et al., 2016). A presença desses peixes foi registrada em túmulos de faraós datado em 2340 a.C., permanecendo até os dias atuais essa herança cultural (SADEK, 2016).

No início do século XVII, os asiáticos iniciaram a prática de processamento da tainha pela técnica da salga da carne e da ova para consumo e exportação até os anos 90 quando teve um considerável declínio no estoque pesqueiro devido ao e aumento na demanda, necessitando assim a importação de matéria prima (ovas, testículos e moelas) de outros países como os Estados Unidos, Brasil, Austrália e República das Maurícias para suprir o mercado interno e também externo (LIAO et al., 2016)

Segundo os dados de CROSETTI (2016) a produção de tainha vem crescendo na área da pesca e aquicultura, de modo que teve um saldo mais visível a partir do ano 2000 com pico de produção em 2007, no ano de 2013 a produção mundial de Mugilídeos foi de 698.293 toneladas. Claramente a pesca contribuiu com maior quantidade de tainhas do que a aquicultura (Figura III).



Fonte: Crosetti, 2016 (adaptado)

Figura III - Produção mundial de mugilídeos da pesca e da aquicultura em toneladas (1950-2013) (CROSETTI, 2016).

O Brasil em 2013 era o quinto país que mais capturava tainhas, ficando atrás da China, Indonésia, Índia e Egito (CROSETTI, 2016), mas ainda assim importou-se

aproximadamente 1,9 toneladas de tainhas congeladas no decorrente ano (SEBRAE, 2015). O consumo de pescado no país vem aumentando ano a ano, e tem sido observada a redução do estoque natural de muitos peixes, como é o caso da tainha (LEMOS et al., 2014). Dessa forma, para suprir o mercado consumidor se faz necessário buscar o mercado externo, uma vez que o país ainda não tem produção comercial suficiente para suprir a demanda existente.

As tainhas são consideradas um dos gêneros mais importantes para a pesca marinha e estuarino-lagunares nacional, ficando na sétima colocação dos recursos pesqueiros explorados tradicionalmente (NETO & DIAS, 2015), e são importantes recursos para a subsistência das comunidades litorâneas do Brasil (MPA & MMA, 2015)

Dentre as espécies de Mugilídeos que ocorrem no país, a *M. liza* é considerada a mais importante para as atividades pesqueiras, sendo responsável por 40-44% do desembarque total de Mugilídeos entre o período de 1980 e 2010, sendo que 95% da captura da espécie ocorre na região sul-sudeste (LEMOS et al., 2014). A média relativa de captura da espécie por estado entre 1980 e 2010, teve Santa Catarina como maior produtor (45%), seguido pelo Rio Grande do Sul (30%), Rio de Janeiro (17%), São Paulo (8%), e Espírito Santo e Paraná juntos com cerca de 1% do total (MPA & MMA, 2015). No estado de Santa Catarina foi declarado que a pesca artesanal da tainha integra o patrimônio histórico, artístico e cultural do Estado pela Lei Estadual nº 15.922/2012.

A carcaça da tainha é toda destinada para abastecimento do mercado interno, em especial as comunidades litorâneas, e o contrário ocorre com as ovas e moelas, que são destinadas quase em sua totalidade para o mercado externo (Taiwan, França, Grécia, Itália e Espanha) (MPA & MMA, 2015). A retirada de ovas e moelas, que são coprodutos, provenientes da frota de cerco é toda destinada às indústrias (LEMOS et al., 2014). No ano de 2007 ocorreu o maior pico de produção com 600 t. de ovas de tainha exportada, declinando para 180 t. em 2013 (MDIC, 2017). O direcionamento da frota de cerco sobre a tainha ocorreu no início dos anos 2000, associado ao declínio das capturas da sardinha-verdadeira, e que, mesmo com o início da recuperação do estoque da espécie alvo, a continuidade do interesse deveu-se, principalmente, ao valor da exportação das ovas, disputada pelo mercado internacional, como iguaria (MPA & MMA, 2015)

Apesar do potencial mercado em torno da espécie, o estoque natural está em declínio. No ano de 2004, a espécie foi incluída na lista de animais em sobrepesca pelo

Ministério do Meio Ambiente (IN nº5 21/05/2004), e desde de 2007 a captura vem apresentando uma redução gradativa nos números (MDIC, 2017). O período autorizado para pesca de cerco é de maio a julho, no período de desova, pois as gônadas é o produto principal do mercado, com isso o recrutamento da espécie está limitado (LEMOS et al., 2014). Atualmente, o esforço de pesca é de 60 traineiras autorizadas, e segundo plano de gestão para o uso sustentável da tainha *M. liza* no sudeste e sul do Brasil do ano de 2015, esta quantidade de frota está acima do nível sustentável, e se nenhuma medida for tomada a curto prazo, essa espécie entrará em extinção em poucos anos.

CRIAÇÃO DE TAINHA

A produção aquícola de tainha no mundo, nos últimos anos, vem crescendo seguindo a tendência geral da aquicultura, com potencial de atender à crescente demanda em contraponto ao declínio dos estoques pesqueiros (PAN et al., 2016).

Sua criação existe desde a época da civilização Romana, na região do mediterrâneo, para subsistência (SADEK, 2016). Mas, foi depois do século XX que atingiu nível comercial em lagos de águas interiores na região de Faium, no Egito, Mar Negro e Mar Cáspio na Rússia e na Itália com o povoamento em águas vulcânicas. Posteriormente vários outros países começaram a apostar na piscicultura de tainhas (LEBER et al., 2016).

A FAO (2015) relatou registros da criação de tainhas em 15 países (Egito, Indonésia, Coréia, Taiwan, Israel, Tunísia, Guiana, China, Iraque, Iraque, Arábia Saudita, Cingapura, Grécia, Itália, Espanha e Ucrânia) no ano de 2013, com um total de produção de 138.143 toneladas (Figura III). Deste total, o Egito participou com 84,1%, seguido da Indonésia com 5,8%, Coréia 3,5 %, Taiwan 1,9%, Israel 1,6% e 3,1% os outros países.

O fato que contribuiu para que o Egito apresentasse a maior produção mundial foi a decisão dos órgãos do governo em investir no povoamento de extensas áreas salinas inutilizadas, no ano de 2003, uma vez que as tainhas toleram baixas temperaturas e águas com salinidade entre 5 – 30 (SADEK, 2016). Desde então o crescimento da produção foi exponencial, de modo que 74% do total de tainha produzido no país em 2013 advinham da aquicultura (GONZÁLEZ-CASTRO & GHASEMZADEH, 2016)

Oficialmente são relatado dados de apenas três espécies são relatadas nos dados oficiais: *Mugil cephalus*, *Liza haematocheila* e a *Mugil liza* sendo que aproximadamente

90% são declaradas como 'mullet nei' que inclui várias espécies de tainhas (CROSETTI, 2016).

A tainha possui várias características que são pertinentes para a criação tais como, a capacidade de viver em diferentes habitats, incluindo quase todas as zonas costeiras tropicais, subtropicais e temperadas (PAN et al., 2016), águas interiores e marinhas, doces, salobras e salgadas (CROSETTI, 2016). Aceita alimentos artificiais (Pan et al. 2016), tem baixa exigência proteica (14-38%) e energética (2500 Kcal/Kg) (EL-DAHHAR, 2006), mostrando-se viável na criação extensiva e semi-intensiva em tanques rede (SALEH, 2008).

É um peixe que necessita fazer migração para reproduzir (LEMOS et al., 2014), por isso em cativeiro não desovam espontaneamente e necessitam de tratamento hormonal para maturação final e liberação dos ovócitos (SADEK, 2016). Há relatos de ensaios de desova induzida em vários países como na Itália, Taiwan (LIAO et al., 2016), Egito (SALEH, 2008; SADEK, 2016), Estados Unidos (LEBER et al., 2016), Cuba (ALVAREZ-LAJONCHERE, 1988) e também no Brasil (ANDREATTA et al., 1983; GODINHO et al., 1988). Mas apesar dessas ocorrências, as produções comerciais existentes são abastecidas com larvas e juvenis do ambiente, deixando limitado o desenvolvimento do setor e se tornando um problema ambiental, como já é relatado no Egito, onde a demanda por juvenis para crescimento e engorda é maior que o estoque autorizado para captura, e por isso muitos piscicultores usam meios clandestinos para adquirir os peixes (SADEK, 2016)

Desde a década de 1980 pesquisadores já apontavam a criação de tainhas como atividade promissora (NASH & SHEHADEH, 1980; OREN, 1981; ALVAREZ-LAJONCHERE, 1988; GODINHO et al. 1988), mas nunca se atingiu o potencial esperado com o decorrer dos anos e uma das razões é fato da aquicultura voltar seu interesse e investimentos para outras espécies, mas principalmente pela dificuldade de fechar seu ciclo de vida em cativeiro (CROSETTI, 2016).

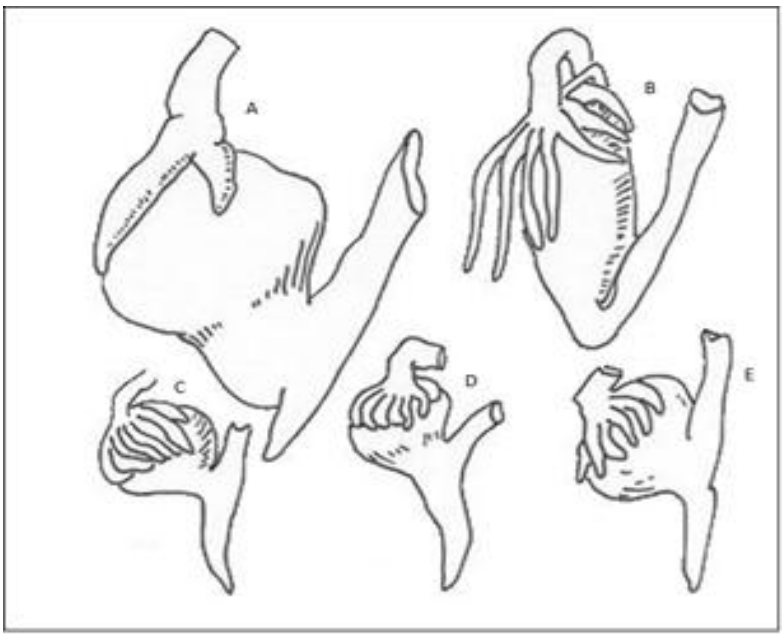
Para a espécie *M. liza* vem sendo realizada várias pesquisas na área da nutrição (ZAMORA-SILLERO et al., 2013; SILVA, 2010; RAMOS et al., 2015; ITO & BARBOSA, 1997; CARVALHO et al., 2010), parâmetros físico-químicos (SAMPAIO et al., 2002; OKAMOTO et al., 2006) e sistemas de criação (SAMPAIO, 2008; ROCHA, 2012; COSTA et al., 2013) foram desenvolvidas para promover sua criação no país,

podendo ser uma alternativa às carpas na região Sul devido às características já apresentadas, mas principalmente a que se refere à amplitude térmica tolerada.

MORFOLOGIA DO TRATO

Graças à elevada sofisticação do trato digestório, os Mugilídeos têm uma estratégia peculiar para explorar um único nicho trófico que nenhum outro grupo forrageiro possui para a captura e seleção do alimento (CARDONA, 2016). A boca é terminal ou subterminal na maioria das espécies (MENEZES et al., 2015) com presença de dentes pequenos no pré-maxilar e mandíbula para a raspagem de filmes microbianos, e, além disso, possui dentes faringianos no palato que auxiliam na trituração e reconhecimento do alimento (FAO, 1999). Possui rastros branquiais densos que retém as partículas finas, sendo que o quinto arco branquial juntamente com a almofada faringiana classificam e rejeitam partículas mais grosseiras presentes no sedimento.

O esôfago é relativamente curto e desemboca no estômago que é dividido em duas porções: cárdica e pilórica. A primeira faz a digestão enzimática e a segunda, que corresponde à moela, desempenha função estritamente mecânica na digestão e, apesar de todas as tainhas apresentarem essas duas porções, a morfologia vai variar conforme a espécie (NELSON, 2006). Os cecos pilóricos se localizam ao final da porção pilórica variando meristicamente e numericamente (Figura IV) conforme o gênero e espécie (CARDONA, 2016).



Fonte: Cardona, 2016 (adaptado).

Figura IV- Morfologia dos estômagos e diversidade de números de cecos nos diferentes gêneros. A- *Mugil Chefalus*; B- *Liza saliens*; C- *Liza aurata*; D- *Liza ramada*; E- *Chelon labrosus*.

O intestino, por sua vez, é disposto em várias espiras e seu comprimento, via de regra, é sempre maior que o corpo (1,6 – 4,5 vezes), variando em função da espécie, ambiente e alimento (CARDONA, 2016). Além disso, todo esse órgão é envolto em tecido conjuntivo adiposo que atua como um armazenador de gordura (PILLAY, 1953; CARDONA, 2016).

Com relação a *M. Liza*, Galvão et al., (1997) verificaram que o desenvolvimento do sistema digestório é bastante lento, com o trato tubular e reto e sem glândulas gástricas na fase larval, sendo, portanto, a digestão alcalina na qual a absorção de proteínas é realizada por meio de pinocitose. Com três dias após a eclosão, tem se a abertura da boca e do ânus e o aparecimento do fígado, vesícula biliar e pâncreas. As células gástricas surgem só no 40º dia quando as áreas do estômago já estão distintas e a região pilórica faz a digestão mecânica (sem glândulas gástricas) e as células caliciformes se apresentam no 48º dia e aos 60 dias o trato estará completo.

PLASTICIDADE E RESPOSTA À DIETA

O processo evolutivo proporcionou transformações e adaptações do sistema digestório para que pudessem se adequar a ingestão, digestão e assimilação de nutrientes fornecido pelo meio, adequando o habito alimentar de cada espécie (OLSSON, 2011). No tocante à flexibilidade fenotípica do trato gastro-intestinal (TGI) em resposta às alterações na dieta, apesar de ocorrer nos diferentes hábitos alimentares, se destaca em onívoros e herbívoros (BALDISSEROTTO, 2013).

As diferentes características morfológicas juntamente com os distintos hábitos alimentares determinam que o TGI tem como principal função a digestão (FRACALOSSI & CYRINO, 2012), de modo que, são encontrados mecanismos digestivos de distintas formas (DABROWSKI & PORTELLA, 2005), na qual Wilson e Castro (2010) classificaram em quatro principais tipos de digestão, sendo: Tipo I – digestão com baixo pH gástrico, que faz a *lise* das paredes celulares, desnaturação das proteínas e a ativação da pepsina iniciando a digestão enzimática dos alimentos; Tipo II – digestão que envolve a trituração do alimento pelo estômago tipo moela, que age de forma mecânica; Tipo III – a trituração de alimentos ocorre no aparelho faríngeo, com um moinho faríngeo bem desenvolvido, o estômago está completamente ausente e o alimento finamente moído é passado diretamente para o intestino e; Tipo IV – em que a fermentação microbiana é utilizada por alguns peixes herbívoros para produzir ácidos graxos de cadeia curta.

Nos mugilídeos a digestão ocorre por meio químico e mecânico (digestão tipo II) semelhante às aves, em que o alimento passa primeiramente pela cárdia e o suco gástrico decompõe parcialmente os alimentos, tornando-os mais macios, facilitando assim a trituração na porção subsequente (piloro) com auxílio de areia (WILSON & CASTRO, 2010). Apesar de haver produção de enzimas digestivas no estômago, de modo geral, vários autores reportam que esta tem sua digestão alcalina (PAYNE, 1978;WILSON & CASTRO, 2010; CARDONA, 2016).

A característica mais evidente de modulação morfofisiológica em peixes é a variação do comprimento do trato gastrointestinal (FRACALOSSI & CYRINO, 2012). A plasticidade intestinal é um mecanismo apresentado por esses indivíduos frente à diversificada alimentação para adequar o trato a fim de obter uma melhor absorção (DABROWSKI & PORTELLA, 2005). Deste modo, os herbívoros são considerados

mais aptos à flexibilidade adaptativa do trato digestório por terem uma dieta bastante variável, ao contrário dos carnívoros que tem uma alimentação mais restrita e uma menor capacidade de modulação (BALDISSEROTTO, 2013).

Neste contexto, as tainhas apresentam, por via de regra, um longo intestino, que varia entre as espécies e entre os indivíduos de uma mesma espécie em diferentes fases e habitats (PILLAY, 1953; EGGOLD & MOTTA, 1992; ROSELET, 2005), refletindo as diferenças na capacidade de assimilar o material vegetal (CARDONA, 2016). Na literatura são relatados valores para a relação comprimento do intestino/comprimento do corpo entre 1,5 para espécie *Liza saliens* até 5,5 para *Mugil cephalus* (ODUM, 1970; DRAKE & ARIAS, 1984), e já para a *M. liza* foi reportado o valor de 3,1 para espécimes adultas e de 1,6 a 2,1 para juvenis (ROSELET, 2005).

De maneira geral, os peixes teleósteos possuem basicamente dois segmentos intestinais, o qual na primeira porção é realizada a absorção dos micronutrientes (monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos) e na segunda porção a entrada de macromoléculas por pinocitose (WILSON & CASTRO, 2010). O transporte transepitelial intestinal dos nutrientes utiliza mecanismos especializados para absorção conforme o hábito alimentar. Por exemplo, os herbívoros e os detritívoros com dietas que contém mais carboidratos apresentam um trânsito mais rápido do alimento e alongamento intestinal, já os carnívoros que possuem um aporte maior de proteínas na sua dieta, tem um aumento na área de absorção e um trânsito mais lento (BALDISSEROTTO, 2013).

As proteínas e os aminoácidos são absorvidos na membrana apical dos enterócitos através de simportes aminoácidos/Na^+ e por difusão, enquanto os carboidratos são absorvidos na forma de monossacarídeos em processo semelhante dos aminoácidos, na qual a glicose e a galactose entram nos enterócitos por meio de simporte com o Na^+, e a frutose por difusão facilitada (WILSON & CASTRO, 2010).

Outra adaptação evolutiva dos peixes, sobretudo os que se alimentam principalmente de vegetais, é a presença numerosa de células caliciformes no trato, em que o muco altamente viscoso por elas produzido, absorve água e nutrientes nela solúveis. O gel formado se mistura ao alimento durante o transporte faríngeo até as porções onde os processos digestivo e absortivo atuam sobre os nutrientes mantidos dentro da matriz mucosa (DABROWSKI & PORTELLA, 2005). E no que se refere aos mugilídeos, no estômago encontra-se muco constituído de mucopolissacarídeos neutros

277 para proteger o epitélio da abrasão e facilitar a ação enzimática (CASTRO et al., 1961).
278 Já nos cecos e intestino proximal, os quais são regiões de maior fluxo de absorção dos
279 nutrientes, estão distribuídas um maior número de células (GALVÃO et al., 1997)

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

A presente dissertação tem como objetivo geral avaliar as alterações morfofisiológicas do trato digestório da *Mugil liza* Valenciennes, 1836, de ambiente e confinamento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ➢ Avaliar o peso, comprimento total e comprimento do intestino de ambiente e confinamento.
- ➢ Avaliar o peso do estômago e do conteúdo estomacal de tainhas de ambiente e confinamento.
- ➢ Aferir o pH das porções do estômago (cárdia e piloro), cecos pilóricos e intestino (proximal, médio e distal) dos indivíduos.
- ➢ Caracterizar histologicamente a porção dos cecos pilóricos da *M. liza.*
- ➢ Quantificar a distribuição das células caliciformes nas porções do cecos e intestino da *M. liza*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-LAJONCHERE, L. Positive results of induced spawning and larval rearing experiments with Mugil liza Val ., a grey mullet from Cuban waters. **Aquaculture**, v. 73, n. August, p. 349–355, 1988.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiolofia de peixes aplicada à piscicultura**, 3 edição. ed. editoraufsm, Samta Maria, 2013.

BARLETTA, M., DANTAS, D. V. Biogeography and Distribution of Mugilidae in the Americas 2016.

BUDDINGTON, R. K., DOROSHOV, S. I. Structural and Functional Relations of the White Sturgeon Alimentary Canal (Acipenser transmontanus). **Journal of Morphology**, v. 190, , p. 201–213, 1986.

CARDONA, L. Food and Feeding of Mugilidae, In: Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). pp. 165–195 2016.

CARVALHO, C. V. A. De, BIANCHINI, A., TESSER, M. B., SAMPAIO, L. A. The effect of protein levels on growth , postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). **Aquaculture Research**, v. 41, , p. 511–518, 2010.

CASTRO, N. M., SASSO, W. S., KATCHBURIAN, E. A histological and histochemical study of the Mugil sp. pisces (tainha). **Acta Anatomica**, v. 45, , p. 155–163, 1961.

COSTA, L. C. de O., XAVIER, J. A. A., NEVES, L. F. de M., AZAMBUJA, A. M. V. de, WASIELESKY JUNIOR, W., FIGUEIREDO, M. R. C. Polyculture of Litopenaeus vannamei shrimp and Mugil platanus mullet in earthen ponds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 9, p. 605–611, 2013.

CROSETTI, D. Current State of Grey Mullet Fisheries and Culture, In: CROSETTI, D (Ed.), Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). New York, pp. 398–350 2016.

DABROWSKI, K., PORTELLA, M. C. Feeding Plasticity and Nutritional Physiology in Tropical Fishes, In: Fish Physiology. pp. 155–224 2005.

DÍAZ, A. O., GARCÍA, A. M., GOLDEMBERG, A. L. Glycoconjugates in the mucosa of the digestive tract of Cynoscion guatucupa: A histochemical study. **Acta Histochemica**, v. 110, n. 1, p. 76–85, 2008.

DRAKE, P., ARIAS, A. M. Biología de los Múgildeos (Osteichthyes, Mugilidae) en los esteros de las alinas de San Fernando (Cádiz). III. Hábitos alimentarios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. **Inv. Pesq.**, v. 48, n. 2, p. 337–367, 1984.

EL-DAHHAR, A. A. Review article on Mullet larval Acclimatization and Determination of their nutritional requirements in Egypt. **JOURNAL OF THE ARABIAN AQUACULTURE SOCIETY**, v. 1, n. 2, p. 19–43, 2006.

FAO, F. A. A. O. O. T. U. N. Order MUGILIFORMES MUGILIDAE, In: CARPENTER, K., VH NIEM (Eds.), FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume 4. Bony Fishes Part 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome, pp. 2069–2083 1999.

FISCHER, L. G., PEREIRA, L. E. D., VIEIRA, J. P. **PEIXES ESTUARINOS E COSTEIROS** 2011.

FRACALOSSI, D. M., CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de especies de interesse para aquicultura brasileira**. Florianópolis, SC, 2012.

GALVÃO, M. S. N., FENERICH-VERANI, N., YAMANAKA, N., OLIVEIRA, I. R. Histologia do sistema digestivo da tainha Mugil platanus Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 24, , p. 91–100, 1997.

GONZÁLEZ-CASTRO, M., GHASEMZADEH, J. Morphology and Morphometry Based Taxonomy of Mugilidae, In: CROSETTI, D, S BLABER (Eds.), Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). Taylor and Francis Group, New York, pp. 1–21 2016.

GONZÁLEZ-CASTRO, M., MINOS, G. Sexuality and Reproduction of Mugilidae, In: Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). pp. 227–263 2016.

GUPTA, S. B. C. Food and Feeding Habits and Physiology of Digestion in. Certain Riverine Teleosts. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 6, , p. 837–844, 1981.

INAMI, M., TAVERNE-THIELE, A. J., SCHRØDER, M. B., KIRON, V., ROMBOUT, J. H. W. M. Immunological differences in intestine and rectum of Atlantic cod (Gadus morhua L.). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 26, n. 5, p. 751–759, 2009.

ITO, K., BARBOSA, J. C. Nıvel protéico e proporção de proteína de origem animal em dietas artificiais para a tainha, Mugil platanus. **Instituto de Pesca**, v. 24, n. (único),

p. 111–117, 1997.

JUTFELT, F. INTEGRATED FUNCTION AND CONTROL OF THE GUT | Barrier Function of the Gut, In: Encyclopedia of Fish Physiology. Elsevier, pp. 1322–1331 2011.

LEBER, K. M., LEE, C., BRENNAN, N. P., ARCE, S. M., TAMARU, C. S., BLANKENSHIP, H. L., NISHIMOTO, T. Stock Enhancement of Mugilidae in Hawaii (USA). **Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae)**, p. 467–486, 2016.

LEIV LEKNES, I. Histochemical studies on mucin-rich cells in the digestive tract of a teleost, the Buenos Aires tetra (Hyphessobrycon anisitsi). **Acta Histochemica**, v. 113, n. 3, p. 353–357, 2011.

LEMOS, V. M., JR, A. S. V., SCHWINGEL, P. R., MUELBERT, J. H. Migration and reproductive biology of Mugil liza (Teleostei : Mugilidae) in south Brazil p. 671–687, 2014.

LIAO, I. C., CHAO, N. H., TSENG, C. C. Capture and Culture of Mugilidae in Taiwan, In: Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). New York, pp. 487–500 2016.

MCCAULEY, H. A., GUASCH, G. Three cheers for the goblet cell: maintaining homeostasis in mucosal epithelia. **Trends in Molecular Medicine**, v. 21, n. 8, p. 492–503, 2015.

MENEZES, N. A., NIRCHIO, M., DE OLIVEIRA, C., SICCHARAMIREZ, R. Taxonomic review of the species of Mugil (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from the Atlantic South Caribbean and South America, with integration of morphological, cytogenetic and molecular data. **Zootaxa**, v. 3918, n. 1, p. 1–38, 2015.

MENEZES, N. A., OLIVEIRA, C., NIRCHIO, M. An Old Taxonomic Dilemma : The Identity Of The Western South Atlantic Lebranche Mullet (Teleostei : Perciformes : Muglidae). **Zootaxa**, v. 2519, , p. 59–68, 2010.

MPA, M. da P. e A., MMA, M. do M. A. **PLANO DE GESTÃO PARA O USO SUSTENTÁVEL DA TAINHA, Mugil liza Valenciennes, 1836, NO SUDESTE E SUL DO BRASIL.** 2015.

NELSON, J. S. **Fishes of the World**, 4th ed 2006.

NETO, J. D., DIAS, J. de F. O. **O USO DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA NO**

BRASIL: UMA AVALIAÇÃO COM FOCO NA PESCA (IBAMA). Brasília-DF, 2015.

ODUM, W. E. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet Mugil cephalus., In: STEELE, JH (Ed.), Marine Food Chains. Oliver & Boyd, London, pp. 220–240 1970.

OKAMOTO, M. H., SAMPAIO, L. A., MAÇADA, A. P. EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE O CRESCIMENTO E A SOBREVIVÊNCIA DE JUVENIS DA TAINHA Mugil platanus GÜNTHER , 1880. **Atlântica**, v. 28, n. 1, p. 61–66, 2006.

OLIVEIRA, I. R., SOARES, L. S. H. Alimentação da Tainha Mugil platanus Günter, 1880 (Pisces: Mugilidae), da Região Estuarino-Lagnar de Canaéia, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 23, , p. 95–104, 1996.

OLIVEIRA, A. F. De, BEMVENUTI, M. D. A. O CICLO DE VIDA DE ALGUNS PEIXES DO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS , RS , INFORMAÇÕES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 1, n. 2, p. 16–29, 2006.

OLSSON, C. GUT ANATOMY AND MORPHOLOGY | Gut Anatomy, In: Encyclopedia of Fish Physiology. Elsevier, pp. 1268–1275 2011.

PALANISAMY, K. Sudies on the digestive enzymes of the cultivable grey mullet Liza parsia (Hamilton Buchanan,1822). Cochin University of the and tecnology 1989.

PAN, J., ALIAUME, C., ANASTASOPOULOU, A., BERREBI, P., CASELLAS, C., CHANG, C., DIOUF, P. S., DURAND, J., HERNANDEZ, F., LEÓN, F. J. G. De, LALÈYÈ, P., MORALES-NIN, B., MIRANDA, J. R. Grey Mullet as Possible Indicator of Coastal Environmental Changes : the MUGIL Project, In: Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). pp. 514–521 2016.

PILLAY, T. V. R. Studies on the food, feeding habits and alimentary tract of the grey mullet Mugil tade Forskal. **Proceedings of the National Institut of Sciences of India**, 1953.

RAMOS, L. R. V., ROMANO, L. A., MONSERRAT, J. M., ABREU, P. C., VERDE, P. E., TESSER, M. B. Biological responses in mullet Mugil liza juveniles fed with guar gum supplemented diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 205, , p. 98–106, 2015.

ROCHA, A. F. Avaliação do Pontecial da Criação de Juvenis de Tainhas *Mugil* cf. *hopes* e *Mugil liza* em Sistema de Bioflocos. Universidade Federal do Rio Grande 2012.

ROSELET, F. F. G. Considerações ecológicas sobre o habito alimentar iliógago dos juvenis da tainha Mugil platanus Günther, 1880 no estuário da lagoa dos patos e região costeira adjacente, RS - Brasil. Fundação Universidade Federal do Rio Grande 2005.

ROSS, M. H., PAWLINA, W. **Histologia Texto e Atlas: Correlação com Biologia Celular e Molecolar**, 7th ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2016.

ROSSI, A. R., CROSETTI, D., LIVI, S. Genetics of Mugilidae, In: Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). New York, pp. 350–397 2016.

SADEK, S. Culture of Mugilidae in Egypt, In: CROSETTI, D, S BLABER (Eds.), Biology, Ecology and Culture of Grey Mullet (Mugilidae). New York, pp. 501–513 2016.

SALEH, M. Capture-based aquaculture of mullets in Egypt. **Capture-based aquaculture. Global overview FAO Fisheries Technical Paper. No. 508**, p. 109–126, 2008.

SAMPAIO, J. A. de O. Desempenho de linguados Paralichthys orbignyanus em policultivo com tainhas Mugil platanus em viveiros de solo, no período de outono e inverno. Fundação Universidade Federal de Rio Grande 2008.

SAMPAIO, L. A., FERREIRA, A. H., TESSER, M. B. Effect of stocking density on laboratory rearing of mullet fingerlings, Mugil platanus (Günther, 1880). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 471–475, 2001.

SEBRAE, S. B. de A. às M. e P. E. **AQUICULTURA DO BRASIL Série Estudos Mercadológicos** 2015.

SILVA, E. M. Efeitos da restrição alimentar sobre o crescimento, a utilização do alimento e custo da alimentação de juvenis da tainha <i>Mugil platanus<\i> Günther, 1880. Universidade Federal do Rio Grande 2010.

THOMSON, B. J. M. The organs of feeding and the food of some Australian mullet. **Aust. J. Mar. Freshw. Res**, v. 5, , p. 469–485, 1954.

VAN DER MAREL, M., PRÖPSTING, M. J., BATTERMANN, F., JUNG-SCHROERS, V., HÜBNER, A., ROMBOUT, J. H. W. M., STEINHAGEN, D. Differences between intestinal segments and soybean meal-induced changes in intestinal mucus

composition of common carp Cyprinus carpio L. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 12–24, 2014.

WILSON, J. M., CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes, In: Fish Physiology. Elsevier Inc., pp. 1–55 2010.

ZAMORA-SILLERO, J., RAMOS, L. R. V, ROMANO, L. A., MONSERRAT, J. M., TESSER, M. B. Effect of dietary dextrin levels on the growth performance, blood chemistry, body composition, hepatic triglicerides and glycogen of Lebranche mullet juveniles (Mugil liza Valenciennes 1836, Mugilidae). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, n. 6, p. 1342–1347, 2013.

CAPITULO ÚNICO: **Artigo científico da presente dissertação para submissão em periódico internacional.**

Diferenças morfofisiológicas do trato gastrointestinal de tainhas *Mugil liza* provenientes de criação e do ambiente

Correspondencia: D L Costa, Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha, Programa de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia, Rio Grande, RS, CEP 96210-030, Brazil. E-mail: dn.medici@gmail.com

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

Observação: Tabelas e figuras foram incluídas no corpo do texto para facilitar a leitura da dissertação.

Resumo

A tainha apresenta um trato gastrointestinal sofisticado, o que lhe permite aproveitar alimentos nutricionalmente pobres. Devido ao trato ser modulado pelos diferentes tipos de alimentos disponíveis no meio, o objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações morfofisiológicas do trato digestório de tainhas, *Mugil liza*, provenientes de diferentes ambientes. Foram utilizados 20 exemplares de *M. liza*, sendo cinco provenientes da praia do Cassino (PC), 10 da Lagoa dos Patos (LP). Destes, cinco foram mantidos por 147 dias em sistema de recirculação (LP-RAS) e cinco em de tanque rede por x dias (RAS-TR). Os organismos da LP-RAS foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial com 38% de PB e os de RAS-TR com 42% de PB. Todas as tainhas foram eutanasiadas com benzocaína (500 mg/L) e logo após os organismos da PC, LP e RAS-TR foram transportados até o laboratório em isopor com água+gelo (temperatura <4ºC). Foram analisados o peso, comprimento total, quociente intestinal (QI), índice estomacal (IE), índice de conteúdo estomacal (ICE), pH do trato e distribuição de células caliciformes nos cecos e intestino. Os exemplares do ambiente apresentaram um QI, IE e ICE estatisticamente maior que o de cativeiro. O pH estomacal dos peixes RAS-TR foi mais ácido em relação aos da PC, sendo que os tratamentos LP e LP- RAS permaneceram em uma condição intermediária. A partir dos cecos não houve diferença no pH entre as diferentes origens, exceto no intestino médio. Foi verificado maior número de células caliciformes no intestino distal e cecos pilóricos, seguido do intestino proximal e intestino médio. Os dados sugerem que as alterações morfofisiológicas são adaptações moduladas pelo grau de facilidade de digestão e absorção dos nutrientes que cada alimento contém devido a sua composição, de modo que as rações por serem assimiladas mais rápido, tendem a reduzir o peso do estômago e a área de absorção do intestino. Além disso, acredita-se que a presença de alimentos mais proteicos aumenta a liberação de suco gástrico reduzindo o pH estomacal. O maior número de células caliciformes foi verificado justamente nos locais onde há necessidade de aumentar a absorção, lubrificação e proteção do epitélio

Palavras chaves: plasticidade, confinamento, fisiologia, moela, morfologia, Mugilídeos

Abstract

Morphophysiological differences of the gastrointestinal tract of grey mullet, *Mugil liza*, from confinement and environment

Grey mullet has a sophisticated gastrointestinal tract that allows the use of nutritionally poor foods. Due to the tract to be modulated by available food types in the environment, the goal of this study was to evaluate the morphophysiological changes in grey mullet, *Mugil liza* from different environments. It was used 20 individuals of *M. liza*, being 5 from Cassino beach (PC), 10 from Patos Lagoon (LP), from which 5 were reared in a recirculating aquaculture system (LP-RAS) and others 5 from RAS and reared in cages (RAS-TR). Fish of the LP-RAS and RAS-TR were fed twice a day on a commercial food with 38 and 42% of crude protein, respectively. All grey mullets were euthanized with benzocaine (500mg/L) and the fish from PC, LP and RAS-TQ were carried to the laboratory in a styrofoam box with water+ice (temperature <4ºC). It was analyzed the weight, total length, intestinal quotient (QI), stomach index (IE), stomach content index (ICE), pH of different sections of the tract and goblet cells distribution on mucosal surface of the pyloric ceca and intestine. Grey mullets from environment showed a higher QI, IE and ICE than those from captivity. Stomach pH of fish from RAS-TR was more acid in relation to PC, being that fish from LP and LP-RAS were intermediary. The pH from pyloric ceca until distal intestine did not change among origins, except in the mid intestine. It was verified a higher number of goblet cells in the distal intestine and pyloric ceca, following by proximal and mid intestine. Data suggest that morphophysiological changes are adaptations modulated by the easiness degree of the nutrient digestion and absorption that each food has due to own composition, so that the weight of the stomach and the absorption area of intestine trend to decrease. Moreover, it is believed that more protein food increase the release of gastric juice, decreasing the stomach pH. In relation to goblet cells, it was verified a higher number precisely in places where it was necessary increasing the absorption, lubrication and protection of the epithelium.

Keywords: Plasticity, confinement, physiology, gizzard, morphometry, Mugilidae

Introdução

Dentre os Mugilídeos encontrados no litoral brasileiro, a tainha *Mugil liza* apresenta-se como uma espécie com potencial para a criação, tanto pelo apelo econômico em virtude da comercialização de suas ovas (Lemos et al., 2014; Menezes et al., 2015), quanto por tolerar grandes variações dos parâmetros físicos e químicos da água (Sampaio et al., 2002; Okamoto et al., 2006).

A *M. liza* é um organismo altamente oportunista e de distribuição na região costeira da américa do Sul até a ilhas caribenhas que habitam distintos habitats costeiros (Menezes et al., 2010). O aparelho de alimentação é extremamente sofisticado, com uma fisiologia flexível, que permite aos mesmos a exploração eficiente de um nicho trófico que outros peixes não conseguem (Oliveira & Soares, 1996; Cardona, 2016). Alimentam-se de detrito com um maior ou menor grau de seleção de partículas, o que confere diferentes características à sua dieta (Roselet, 2005).

A *M. liza* faz parte das poucas espécies de peixes iliófagos (Oliveira et al., 1996), os quais geralmente necessitam de adaptações morfológicas, comportamentais alimentares e digestivas para extrair energia de algo que se presumia não possuir valor nutricional (Dabrowski et al., 2005). Por isso, é devido aos diferentes hábitos alimentares que o trato gastrointestinal (TGI) das espécies de peixes apresentam tantas diferenças morfológicas e fisiológicas (Baldisserotto, 2013). No entanto, mesmo em indivíduos da mesma espécie, ocorrem mudanças na morfometria do trato em resposta às alterações na composição da dieta (Olsson et al., 2007; German et al., 2010).

Do ponto de vista evolutivo das tainhas, segundo Palanisamy (1989) elas possuem pelo menos duas estratégias digestivas para poder explorar alimentos de difícil digestão que são: aumentar o tempo de retenção de alimentos e aumentar a área de absorção com um intestino alongado e a presença de cecos pilóricos e/ou modificar o tipo e de suas enzimas digestivas.

Nesse sentido, considerando que no ambiente natural os indivíduos dispõem de um espectro maior de itens alimentares, a morfologia de seus tratos digestórios se apresenta na forma mais desenvolvida (German et al., 2010). Em contrapartida, quando confinados e sujeitos a uma alimentação concentrada, pode ocorrer ou não um rearranjo.

O conhecimento das características do TGI, peculiares à espécie, colabora com o desenvolvimento de manejos alimentares específicos (Fracalossi et al., 2012),

principalmente no que se refere à escolha de ingredientes para a composição da dieta, frequência alimentar e tamanho de partícula (Petkam et al., 2001; Gaylord et al., 2008; Webb et al., 2010).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis alterações morfofisiológicas em tainhas (*M. liza*) provenientes do ambiente e mantidas em sistema de recirculação de água e provenientes de reprodução artificial induzida e mantidas em tanque rede.

Materiais e métodos

A captura dos exemplares na natureza foi autorizada pelo Ministério do Meio Ambiente (SISBIO nº 57727-1) e todos os procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética de Uso Animal- CEUA, sendo registrado com nº P010/2017.

Todas as análises foram realizadas na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO - FURG) utilizando-se da estrutura do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) para as análises morfométricas e de pH e do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos (LIPOA) para as análises histológicas.

Animais utilizados e suas origens

Foram utilizados 20 exemplares de *M. liza*, sendo 5 provenientes da praia do Cassino, 10 da Lagoa dos Patos e 5 do Laboratório de Piscicultura Marinha da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC; Florianópolis – SC).

Os animais capturados na praia do Cassino foram imediatamente eutanasiados com benzocaína (500 mg/L) e transportados até o laboratório em isopor com gelo (temperatura <4ºC) da mesma forma que metade dos provenientes da Lagoa dos Patos. Já os cinco restantes foram mantidos em sistema de recirculação (RAS) de água por 147 dias.

Os exemplares adquiridos da Universidade Federal de Santa Catarina e mantidos em sistema de recirculação de água até serem transferidos para tanques rede de $1m^3$ sitiados em um canal de abastecimento de uma fazenda de criação de camarões no município de São José do Norte, onde, após 54 dias, foram eutanasiados e transportados até o laboratório como descrito para os peixes do cassino.

Dessa forma, os animais tiveram as seguintes origens: PC: capturados na Praia do Cassino; LP: capturados na Lagoa dos Patos; LP-RAS: capturados na Lagoa dos Patos e

criadas em sistema de recirculação de água; RAS-TR: mantidos em tanque rede após um período em sistema de recirculação de água.

Os peixes da LP-RAS e RAS-TR foram alimentados duas vezes ao dia com uma ração comercial de 38% de proteína bruta

Dissecação e aferições

Chegando ao laboratório, os animais foram retirados um a um do gelo, pesados, medidos (comprimento total; CT) e tiveram seu TGI dissecado através de uma incisão longitudinal na região ventral. Após o desenovelamento do TGI, o estômago e o intestino foram separados, sendo que o primeiro foi pesado cheio e vazio (apenas para PC e RAS-TR) e o segundo foi aferido o comprimento. Em seguida procedeu-se a secção do TGI em seis partes, quais sejam: cárdia, piloro, cecos pilóricos, intestino proximal, intestino médio e intestino distal para aferir o pH. Todos os procedimentos de dissecação foram realizados sobre placas de vidro mantidas sobre bolsas térmicas com material congelado (gelo em gel).

Foram pesados os conteúdos estomacais apenas dos exemplares do PC e RAS-TR. Os exemplares de origem LP-RAS passaram por um período de 30 h de jejum anterior às análises, de modo que impossibilitou ter os dados do peso do conteúdo os mesmos.

Morfometria

A partir dos dados de peso (P, g), comprimento total (CT, cm), comprimento do intestino (CI, cm), peso do estômago (PE, g) e peso do conteúdo estomacal (PCE, g) foram calculados:

Quociente intestinal, QI = CI/CT;

Índice estomacal, IE (%) = 100 × PE/P;

Índice do conteúdo estomacal, ICE (%) = 100 × PCE/P

Análise de pH

O pH foi aferido com pHmetro digital (YSI 100) utilizando-se de um eletrodo Hanna® o qual foi mantido em contato com a superfície interna da porção avaliada até a estabilização. No intestino as leituras foram realizadas nas extremidades iniciais de cada porção.

Após a aferição do pH, as amostras do TGI (estômago, cecos pilóricos e intestino) foram, identificadas e emergidas em solução de formaldeído tamponado 20%.

Análises histológicas

As amostras colhidas foram processadas em processador automático (PT05 Lupetec, Brasil), emblocadas em Paraplast®, cortadas em uma espessura de 5µm (micrótomo MRP03 Lupetec, Brasil) e coradas com ácido periódico de Schiff (PAS) ou Alcian Blue para a determinação de mucopolissacarídeos neutros e ácidos, respectivamente. Para análise das células caliciformes foi utilizado o microscópio Axioplan Zeiss e a avaliação visual de distribuição foram feitas com um aumento de 400×.

Análises estatísticas

Os dados foram analisados quanto a sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Em seguida procedeu-se a análise de variância (one way ANOVA) e a comparação de médias de mesmo peso pelo teste *t* de Student, sendo que considerou-se o nível de significância de 5%. Além disso, testes de correlação de Pearson foram realizadas entre algumas variáveis quando julgado necessário. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SPSS 8.0 for Windows.

Resultados

Morfometria

Na Tabela 1 são apresentados os dados morfométricos avaliados nas tainhas das diferentes origens. Os exemplares provenientes da LP e LP-RAS apresentaram peso e CT superiores aos demais ($P<0,05$) e, por isso, as comparações foram realizadas entre os grupos de peso semelhante. A manutenção dos peixes da LP em sistema de recirculação (LP-RAS), causou uma redução de 45,2% no IE, 25,4% no CI e 26,7% no QI. Já os valores de CI e QI dos peixes da PC foram superiores aos dos RAS-TR ($P<0,05$).

Tabela 1. Peso, comprimento total (CT), comprimento do intestino (CI), quociente intestinal (QI), índice estomacal (IE) e índice do conteúdo estomacal (ICE) de tainhas (*Mugil liza*) de diferentes origens.

Origem§	Peso (g)	CT (cm)	IE (%)	ICE (%)	CI (cm)	QI
PC	173,38 ± 54,40	26,03 ± 3,00	2,57 ± 0,30a	0,95 ± 0,17a	109,45 ± 8,84a	4,03 ± 0,39a
RAS-TR	202,00 ± 35,40	27,41 ± 1,51	1,07 ± 0,30b	0,52 ± 0,13b	77,13 ± 7,86b	2,82 ± 0,28b
LP	599,57 ± 91,58	40,69 ± 2,12	2,08 ± 0,32A	-	131,51 ± 22,76A	3,29 ± 0,68A
LP-RAS	692,62 ± 65,00	40,64 ± 1,47	1,14 ± 0,26B	-	98,12 ± 17,30B	2,41 ± 0,38B

§ PC: Praia do Cassino; LP: Lagoa dos Patos; LP-RAS: Lagoa dos Patos e mantidos por 147 dias em sistema de recirculação de água; RAS-TR: Sistema de recirculação de água e mantidos por 54 dias em tanque rede. Nota: Colunas com letras minúsculas e maiúsculas indicam comparação dentro das menores e maiores faixas de peso, respectivamente, pelo teste *t* de Student. Em todos os casos considerou-se $P<0,05$; Dados apresentados como média ± SD; $n=5$

Os indivíduos das diferentes origens entre as duas classes de peso apresentaram diferença estatística no IE dos organismos provenientes do ambiente (PC e LP) os quais possuíam estômagos com maior peso relativo em comparação aos de criação (LP-RAS e RAS-TR) ($P<0,05$).

Os indivíduos capturados na PC apresentaram maior quantidade de alimento no estômago (expresso como ICE) em comparação aos do RAS-TR ($P<0,05$). Além disso, os valores de ICE e IE das tainhas dessas origens mostraram correlação positiva ($r^2=0,82$; $P=0,013$).

pH gastrointestinal

A porção da cárdia do estômago dos peixes de origem RAS-TR apresentou-se mais ácida que daqueles de PC ($P<0,05$) enquanto os valores de LP-RAS e LP foram intermediários (Tabela 2). Na mesma situação foi verificada na porção pilórica, em RAS-TR e PC apresentando as condições mais e menos acidas respectivamente com LP e LP-RAS sendo intermediários.

Já o pH da porção pilórica foi mais alto em PC (6,61 ± 0,17) e mais ácido em RAS-TR (4,10 ± 0,10) (P<0,05; Tabela 2)

A partir dos cecos pilóricos (CP) o pH foi semelhante entre as diferentes porções do intestino quanto entre as diferentes origens (*P*<0,05), exceto no intestino médio onde os peixes do RAS-TR apresentaram a maior média em relação a LP-RAS e PC (P<0,05; Tabela 2).

Tabela 2. Valores de pH da cárdia, piloro, cecos pilóricos (CP), intestino proximal (IP), médio (IM) e distal (ID) de tainhas (*Mugil liza*) de diferentes origens.

Origem§	Cárdia	Piloro	CP	IP	IM	ID
PC	6,02 ± 0,74a	6,61 ± 0,42a	6,53 ± 0,28	6,53 ± 0,25	6,67 ± 0,19b	6,66 ± 0,28
RAS-TR	4,56 ± 0,19b	4,10 ± 0,22b	6,83 ± 0,10	6,92 ± 0,03	7,01 ± 0,08a	7,08 ± 0,06
LP	5,57 ± 0,81	5,10 ± 0,06	6,78 ± 0,20	6,83 ± 0,11	6,78 ± 0,07	6,65 ± 0,64
LP-RAS	5,53 ± 0,20	5,57 ± 0,68	6,37 ± 0,51	6,79 ± 0,21	6,70 ± 0,14	6,92 ± 0,24

§ PC: Praia do Cassino; LP: Lagoa dos Patos; LP-RAS: Lagoa dos Patos e mantidos por 147 dias em sistema de recirculação de água; RAS-TR: Sistema de recirculação de água e mantidos por 54 dias em tanque rede. Nota: Colunas com letras minúsculas indicam comparação dentro das menores faixas de peso, pelo teste *t* de Student. Em todos os casos considerou-se *P*<0,05; Dados apresentados como média ± SD; *n*=5

Histologia

O estômago da *M. liza* posiciona-se na cavidade abdominal com a porção cárdica voltada para a região caudal e a pilórica para a cranial (Figura 1). Dois CP com diferenças merísticas estão localizados entre o final da porção pilórica estomacal e o início do intestino proximal, de modo que há uma área de comunicação comum entre CP, IP e piloro. O intestino é enovelado (Figura 1) e se afunila à medida que se discorre para a parte distal, com uma redução gradativa no diâmetro.

Os cecos são formados por uma parede muscular fina com uma camada muscular externa longitudinal e uma camada muscular circular interna**.** A mucosa é

altamente pregueada, com epitélio constituído de células colunares e uma grande distribuição de células caliciformes (Figura 2).

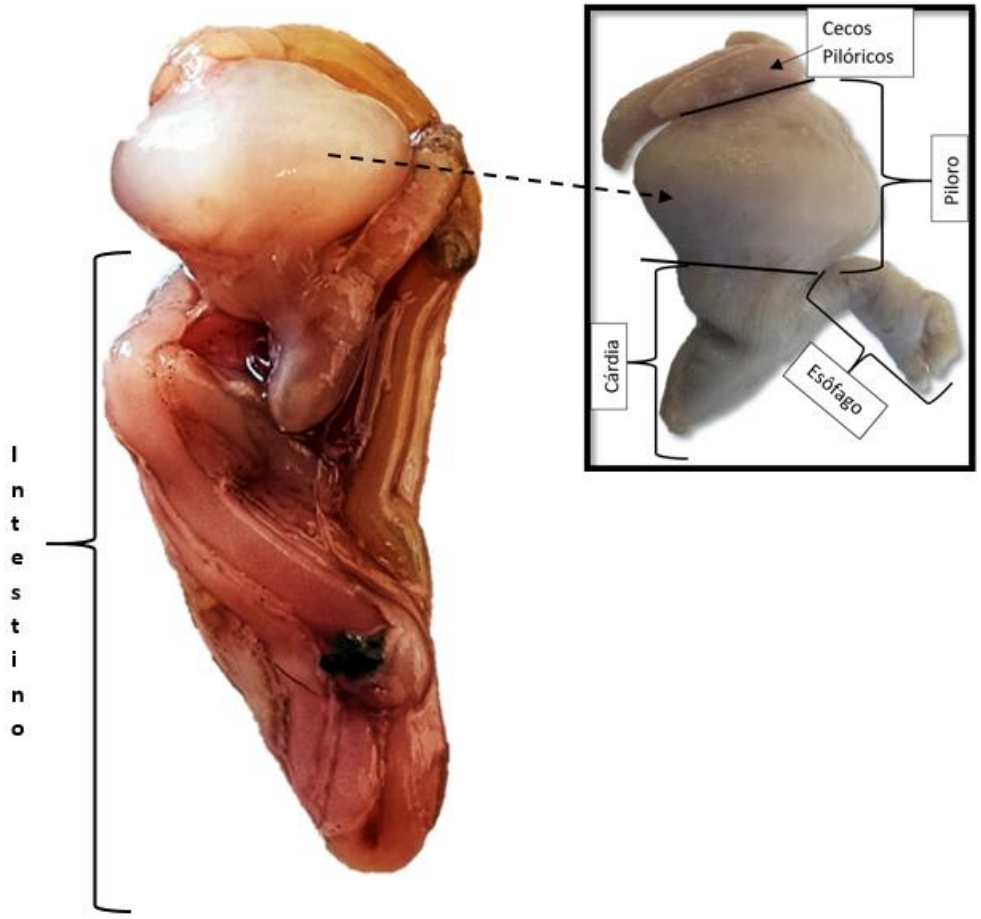


Figura 1 – Trato digestório da *M. liza* sem o baço e o fígado para melhor visualização do estômago e cecos.

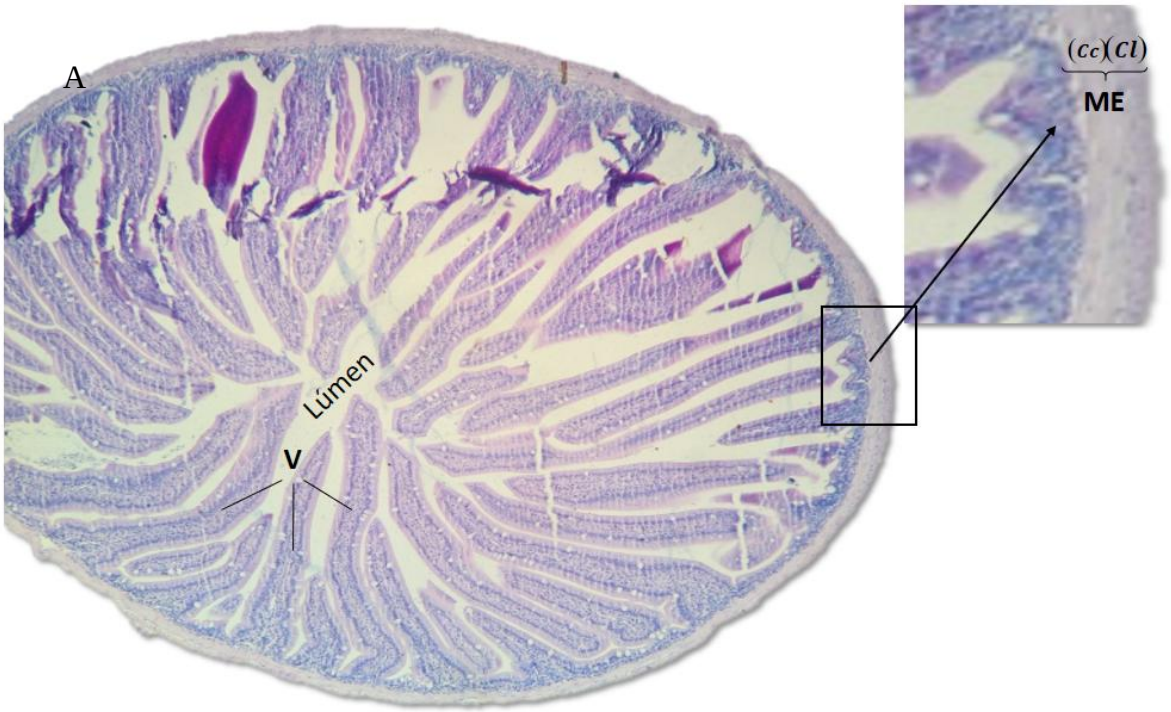


Fig. 2 Cecos pilóricos corados com P.A.S (A) em corte transversal com aumento de 40, V= vilosidades; ME = muscular externa; Cc= camada circular (interna da muscular externa); Cl = camada longitudinal (externa) da muscular externa; e (B) corte longitudinal com aumento de 400×; A seta está indicando um *villus*; * = células caliciformes; ponta da seta = enterócitos.

Através de uma análise subjetiva, o ID apresentou mais células caliciformes que os CP, seguidos pelo IP e IM (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição de células caliciformes nas porções dos cecos pilóricos (CP), intestino proximal (IP), médio (IM) e distal (ID) de tainhas (*Mugil liza*) de diferentes origens.

Origem§	CP	IP	IM	ID
PC	+ +	+	+	+ + +
RAS-TR	+ +	+	+	+ + +
LP	+ +	+	+	+ + +
LP-RAS	+ +	+	+	+ + +

§ PC: Praia do Cassino; LP: Lagoa dos Patos; LP-RAS: Lagoa dos Patos e mantidos por 147 dias em sistema de recirculação de água; RAS-TR: Sistema de recirculação de água e mantidos por 54 dias em tanque rede.

Legenda: + = Pouco; + + = Intermediário; + + + = Muito.

Discussão

As análises morfológicas do trato digestivo são essenciais para a compreensão da biologia das espécies, da fisiologia e para a criação de peixes, conforme observado em outros estudos como Buddington et al. (1986), Galvão et al. (1997) e Olsson (2011).

A cavidade oral da *M. liza* é revestida por um epitélio estratificado com abundantes células mucosas, e pregas complexas e ramificadas no esôfago (Galvão et al., 1997). Já o estômago da *M. liza* é dividido em duas porções com funções digestivas (Galvão et al., 1997) e que, embora não se tenha estudos específicos, possivelmente atue na absorção de alguns nutrientes como relatado para outras espécies de peixes (Bakke et al. 2011).

A porção cárdica realiza a digestão química com a produção de ácido clorídrico e pepsinogênio, desnaturando proteínas e facilitando o rompimento das estruturas celulares na porção pilórica (moela) através da contração da espessa musculatura lisa, o que causa desgaste das partículas μm do alimento quando misturado com areia (Cardona, 2016; Galvão et al., 1997).

É notório que, embora o material orgânico e energia se concentrem nas menores frações do detrito (Cardona, 2016) e os Mugilídeos consigam selecionar partículas tão

finas quanto 50 micras (Blay, 1995; Stephen et al., 1976), ainda assim ingerem areia, formando juntamente com detrito o componente principal da dieta (Oliveira et al.,1996).

Além da maceração do substrato presente no piloro supõe-se que a areia colabore com a digestão dos componentes presentes no intestino, pois a distensão da musculatura do estômago ocasiona um aumento no fluxo sanguíneo intestinal (Seth et al, 2009) desencadeando a liberação de enzimas digestivas (Santigosa et al., 2008).

Adicionalmente, é provável que a areia aumente o contato das enzimas com o substrato por evitar a agregação das finas partículas orgânicas e promover contrações da musculatura do estômago e intestino devido ao estímulo causado nas fibras nervosas sensoriais da mucosa (Olsson et al., 2001). Possivelmente, devido a essas interações positivas do TGI das tainhas com a areia que 100% dos indivíduos maiores que 2 cm a ingerem (Eggold et al., 1992).

Os peixes capturados na PC e LP no presente estudo apresentavam areia ao longo de todo o TGI, com exceção dos cecos pilóricos, concordando com o relatado por Payne (1978) em quatro Mugilídeos do Leste da África.

Da mesma forma, o valor de ICE dos peixes do ambiente foram similares aos relatados por Dankwa et al. (2005) que encontraram valores máximos em torno de 0,8% para a *M. curema* e *M. bananensis*. Possivelmente, devido aos constantes estímulos de distensão e contração muscular causados pela areia que os valores de IE e ICE foram maiores nos peixes do ambiente. No entanto, devido à densidade e qualidade nutricional da ração utilizada, o valor de 0,52% de ICE dos peixes de cativeiro não seria um fator limitante para o crescimento se tomados os devidos cuidados quanto à frequência alimentar.

Considerando que o uso de alimentos com grânulos maiores é uma estratégia adotada para frangos de corte, para aumentar o peso da moela e melhorar a conversão alimentar (Truong et al., 2017), torna-se interessante a disponibilização de areia às tainhas, assumindo que ela é responsável pelo o aumento da moela, a qual é comercializável.

Embora com capacidade limitada na *M. liza*, o estômago serve como reservatório e um importante local de degradação do alimento, auxiliado pela liberação de ácido e enzimas (Olsson, 2011). O pH do estômago dos Mugilídeos no ambiente varia entre as espécies sendo considerado alcalino para *Liza dumerili* por situar-se em torno de 8,0 e o oposto para *Liza falcipinnis* próximo de 4,0 (Payne, 1978) e 6,6 para *Rhinomugil corsula*

(Gupta, 1981) sendo as duas últimas espécies próximas aos valores encontrados no presente estudo, os quais variaram de 4,56 a 6,02 para as tainhas criadas em tanque rede e capturadas na praia do Cassino, respectivamente.

Alterações no pH estomacal dos peixes podem ocorrer devido ao nível proteico da dieta (Fracalossi et al., 2012). Palanisamy (1989) verificou que em *Liza parsia* a pepsina aumentava sua atividade após serem alimentadas e que os peixes que consumiram uma ração mais proteica tiveram uma maior produção de enzimas proteolítica. Todavia, dependendo do volume de alimento consumido, o suco gástrico pode ser diluído, conduzindo a uma menor condição digestiva ácida (Segovia-Quintero et al, 2004). Assim, supõe-se que as diferenças no pH estomacal ocorreram devido ao alimento mais concentrado, uma vez que as tainhas mantidas em RAS-TR ingeriram ração horas antes de serem coletadas. No entanto, as tainhas provenientes do LP-RAS passaram por um período de jejum anterior às análises, motivo pelo qual apresentaram valores semelhantes às do ambiente (PC e LP). Apesar da menor condição ácida do estômago comum aos Mugilídeos, o processo de trituração na moela é relatado ser igualmente eficiente (Wilson et al., 2011).

Como o piloro não produz suco gástrico (Galvão et al., 1997), seu pH é diretamente influenciado pelo alimento que chega da cárdia, o que foi demonstrado pela correlação positiva entre o pH das duas regiões ($P<0,001$; $r^2 = 0,82$).

Nos Mugilídeos o número de CP é uma característica para a identificação a nível de gênero (Cardona, 2016), sendo um órgão que possui as mesmas funções do intestino, inclusive com atividade enzimática (Trellu et al., 1978; Guizani et al., 1991) e com capacidade de aumentar a superfície de absorção (Rahimulla et al., 1944; Eggold et al., 1992; Drake et al., 1984). Diferentemente da tainha australiana (*V. georgii*) que apresenta um grande número de cecos distribuídos na porção inicial do intestino (Thomson, 1954), na *M. liza* são encontrados apenas dois CP com diferenças merísticas (Figura 1) e mucosa altamente pregueada (Figura 2), apresentando uma região comum entre eles, o esfíncter pilórico e o IP.

A literatura refere-se aos cecos pilóricos como uma estrutura morfológica adicional para aumentarem sua área de absorção, principalmente em carnívoros já que seus intestinos são curtos (Wilson et al., 2010; Olsson, 2011; Fracalossi et al., 2012; Dabrowski et al., 2005). Nesse sentido pode-se dizer subjetivamente que, nos Mugilídeos,

o número de cecos diminui à medida que o intestino se prolonga, com uma estrita relação com proporção de matéria orgânica e inorgânica da dieta (Tabela 4) .

Tabela 4. Número de cecos pilóricos, presença de areia no trato, quociente intestinal (QI) e os tipos de alimento predominante em juvenis de diferentes espécies de mugilídeos de ambiente.

Espécie	N° de cecos	QI	Presença de areia no trato	Alimento predominante	Referências
Mugil liza	2¶	3,3 – 4,0¶	+ + +	Diatomáceas e detritos	Roselet, 2005
Mugil cephalus	2	3,2 – 4,6	+ + +	Diatomáceas e detritos	Eggold et al., 1992
Liza ramada	7-8	2,9 -3,4	+ +	Detritos, microfitobentos e meiofauna*	Cardona, 2016
Paramugil georgii	22	-	+	Copépodes, algas filamentosas e diatomáceas	Thomson, 1954

Nota: + = Pouco; + + = Regular; + + + = Muito. ¶ - Presente estudo. * (ostracodes, copépodes, nematóides).

No presente estudo, o pH dos CP e do IP de todos os peixes foi similar, independente da origem. Payne (1978) encontrou a mesma situação com a *Liza falcipinnis* e sugeriu que o conteúdo dos CP não é proveniente diretamente do estômago, mas do refluxo do IP. O autor ainda acrescenta que, pelo fato de raramente encontrar areia nos CP, isso seria um mecanismo para separar a fração grosseira das finas partículas orgânicas da digesta.

De maneira geral, o pH das diferentes porções do intestino não apresentou diferença nem entre os indivíduos dos diferentes ambientes (com exceção do IM), apesar das diferenças no estômago, confirmando a necessidade manter um ambiente adequado à ação enzimática e absorção (Krogdahl et al., 2011).

Considerando que a neutralização do quimo ocorre na porção inicial do intestino, o qual é conduzido até o ânus (Olsson et al., 2001; Bakke et al., 2011), o pH mais elevado encontrado no IM das tainhas do RAS-TR pode ser devido à maior liberação de

bicarbonato em consequência da maior acidez na porção pilórica do estômago (P=0,08; r^2= −0,39).

Os CP juntamente com o IP são responsáveis pela absorção da maior parte dos nutrientes do alimento, seguidos pelo IM e ID (Nordrum et al., 2000). Nas porções iniciais ocorre a absorção, principalmente de aminoácidos, monossacarídeos e ácidos graxos via difusão, transporte facilitado e transporte dependente de Na^+, Cl^-, K^+ ou H^+ enquanto no ID ocorre a absorção de macromoléculas via pinocitose (Bakke et al., 2011; Baldisserotto, 2013).

O CI dos peixes é bastante variável entre as diferentes espécies e em menor grau entre indivíduos da mesma espécie com tamanho semelhante (Baldisserotto, 2013). Essa variação foi observada na pesquisa de Roselet (2005) com a *M. liza* que apresentou QI entre 1,6 e 3,1. No presente estudo comparando as tainhas de mesmo tamanho (PC×RAS-TR e LP×LP-RAS), verificou-se que as capturadas no ambiente apresentavam o CI e QI maior que as de criação. Além disso, ficou demonstrado através dos peixes das origens LP e LP-RAS que a mudança de ambiente e, consequentemente, de alimento causou essas mudanças na morfometria do TGI.

As teorias em torno dessas mudanças discorrem a respeito da presença de material indigestível na dieta, as vantagens nutricionais e energéticas com a maior ou menor permanência do alimento no TGI (German, 2011) ou ainda sobre o tecido intestinal servir de reserva proteica quando em situação de jejum ou de balanço energético negativo (Krogdahl et al., 2005). No entanto, não há esclarecimentos se os estímulos de “up” e “down-regulation” partem do próprio epitélio intestinal, do sistema nervoso central ou de ambos.

Olsson et al. (2007) verificaram que, em cerca de 2 meses, o fornecimento de uma dieta menos digestível (quironomídeos congelados) causou um aumento no CI dos juvenis de perca (*Perca fluviatilis*) quando comparado ao fornecimento de artêmia (mais digestível), mas sem afetar o crescimento. Por outro lado, German et al. (2010) relataram que cascudos (*Pterygoplichthys disjunctivus*) alimentados com serragem por 5 meses perderam mais peso que aqueles em jejum por igual período e, ao invés de aumentar o TGI pela baixa digestibilidade do alimento, este diminuiu. No primeiro estudo os autores relataram ser uma adaptação para melhorar o aproveitamento do alimento e no segundo uma questão de conservação de energia em vista da crônica baixa qualidade da dieta.

Uma teoria que pode explicar mais precisamente essas alterações no CI é o fato de que os enterócitos, possivelmente, se utilizam de parte dos nutrientes que atravessam seu citosol em direção à corrente sanguínea, desencadeando estímulos internos para a maior ou menor multiplicação celular dependendo da permanência do fluxo (Ross et al., 2016).

Nesse contexto vale salientar que o intestino consome 20% da energia metabolizável adquirida (Cant et al., 1996) e que o transporte íon-dependente utiliza ATP para a manutenção do gradiente iônico (Baldisserotto, 2013), configurando as células das porções iniciais e média do intestino como mais exigentes. Já o ID colabora pouco com a absorção porque uma pequena quantidade de nutrientes chega nessa região, uma vez que cerca de 75% é absorvido nas porções anteriores (Nordrum et al., 2000), embora a pinocitose não gaste energia (Baldisserotto, 2013).

Com base nessas informações pode-se dizer que o intestino é tão longo quanto a quantidade de nutrientes que chega ao final da porção distal seja suficiente para, pelo menos, manter as células. Em outras palavras, o aumento da quantidade de nutrientes que chega ao ID estimula a proliferação dos enterócitos dessa região e, consequentemente, de todas as anteriores por onde passou, alongando o intestino a partir do momento em que o máximo desenvolvimento das vilosidades tiver ocorrido. No entanto, para isso acontecer, o alimento ingerido deve ser de lenta digestão (e não indigestível).

Portanto, as tainhas de criação apresentaram um menor CI e QI devido a grande maioria dos componentes da ração fornecida apresentarem uma digestão e absorção mais rápida, faltando nutrientes para as porções mais distais.

Considerando que os CP, IP e IM ao absorver o máximo de nutrientes, impedem que uma grande quantidade de nutrientes livres alcance a porção distal e que os mesmos são utilizados como substrato para as bactérias ou então excretados, sugere-se que as diferenças morfológicas dos Mugilídeos estejam relacionadas à proporção e frequência da ingestão de componentes de rápida e lenta digestão.

O conteúdo presente no ID é repleto de íons não absorvidos (Baldisserotto, 2013), material não digerido e indigestível (Krogdahl et al., 2011), os quais servem de substrato para bactérias (Jutfelt, 2011). Nesse ambiente rico em bactérias, destacam-se as células caliciformes, as quais produzem muco que atua na proteção dos enterócitos (Mccauley et al., 2015).

Pouco é conhecido sobre a relação das células caliciformes com a dieta em peixes, mas já se sabe que sofrem estímulos externos para produção e liberação de mucinas (Díaz et al., 2008). Van der Marel et al. (2014) ao substituir a proteína animal por proteína de soja em *Cyprinus carpio* verificou que ocorrem alterações na produção e composição das mucinas, principalmente na porção inicial do intestino, que ocasionou inflamações nos enterócitos e o crescimento da comunidade bacteriana.

As mucinas exercem um importante papel na manutenção do tecido, com função antimicrobiana na mucosa epitelial, especialmente na região distal (Inami et al., 2009). Além disso, facilita o transporte das macromoléculas através da membrana (Díaz et al., 2008), protege e lubrifica o epitélio (McCauley et al., 2015), julgando-se altamente necessárias para a *M. liza* as duas últimas funções, pelo fato de ocorrer um afunilamento ao longo de seu trato e pela elevada ingestão componentes abrasivos.

Nas áreas de absorção dos nutrientes observam-se mais mucinas sulfatadas, as quais absorvem mais água, devido às propriedades particulares, promovendo uma melhor eficiência no processo (Leknes, 2011). Assim, admitindo que os CP são áreas para aumentar a absorção e que retém na sua maioria partículas selecionadas, sugere-se que a maior concentração de células caliciformes nessa região em relação à porção proximal e média seja pelo fato de conter uma maior concentração de nutrientes.

Assim, a heterogeneidade na distribuição das células caliciformes mostra as diferentes funções desempenhadas pelas diferentes mucinas ao longo do TGI.

Conclusões

Conclui-se que o alimento disponível causa alterações morfofisiológicas no trato gastrointestinal da *Mugil liza*, diminuindo o peso do estômago e o comprimento do intestino quando sua dieta é baseada em alimentos de mais fácil digestão. O consumo de ração deixa o pH do estômago mais ácido, no entanto, nos cecos pilóricos e no intestino o pH não é alterado pela dieta. Além disso, os cecos pilóricos têm estruturas histológicas similares ao intestino proximal, porém com maior número de células caliciformes. Finalmente, as células caliciformes são mais abundantes na porção distal do trato, conferindo uma função protetora e lubrificante.

Referências bibliográficas

Bakke, A. M.; Glover, C.; Krogdahl, Å., 2011: Feeding, digestion and absorption of nutrients. In: Grosell, M., A. P. Farrell & C. J. Brauner (eds.), *The Multifunctional Gut of Fish*. Academic Press, pp. 57–110

Baldisserotto, B., 2013: *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura* 3rd edn. UFSM, Santa Maria

Barletta, M.; Dantas, D. V., 2016: Biogeography and Distribution of Mugilidae in the Americas

Blay, J., 1995: Food and feeding habits of four species of juvenile mullet (Mugilidae) in a tidal lagoon in Ghana. *Journal of Fish Biology*., **46**, 134–141

Cant, J. P.; Mcbride, B. W.; Croom, W. J., 1996: The regulation of intestinal metabolism and its impact on whole animal energetics. *Journal of Animal Science*., **74**, 2541–2553

Cardona, L., 2016: Food and Feeding of Mugilidae. *Biology, Ecology and Culture of Grey Mullets (Mugilidae)*. Taylor and Francis Group, pp. 165–195

Conrad, J. L.; Weinersmith, K. L.; Brodin, T.; Saltz, J. B.; Sih, A., 2011: Behavioural syndromes in fishes: A review with implications for ecology and fisheries management. *Journal of Fish Biology*., **78**, 395–435

Dankwa, H. R.; Blay Jr, J.; Yankson, K., 2005: Food and feeding habits of grey mullets (Pisces: Mugilidae) in two estuaries in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*., **8**, 1–13

Dabrowski, K.; Portella, M. C., 2005: Feeding Plasticity and Nutritional Physiology in Tropical Fishes. Fish Physiology., Vol. 21pp. 155–224

Díaz, A. O.; García, A. M.; Goldemberg, A. L., 2008: Glycoconjugates in the mucosa of the digestive tract of Cynoscion guatucupa: A histochemical study. *Acta Histochemica*., **110**, 76–85

Drake, P.; Arias, A. M., 1984: Biología de los Múgildeos (Osteichthyes, Mugilidae) en los esteros de las alinas de San Fernando (Cádiz). III. Hábitos alimentarios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. *Investigacion Pesquera*., **48**, 337–367

Eggold, B. T.; Motta, P. J., 1992: Ontogenetic dietary shifts and morphological correlates in striped mullet, *Mugil cephalus*. *Environmental Biology of Fishes*., **34**, 139–158

Fracalossi, D. M., Cyrino, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira. Florianópolis, SC, 2012.

Galvão, M. S. N.; Fenerich-Verani, N.; Yamanaka, N.; Oliveira, I. R., 1997: Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. *Boletim do Instituto de Pesca*., **24**, 91–100

Gaylord, T. G.; Barrows, F. T.; Rawles, S. D., 2008: Apparent digestibility of gross nutrients from feedstuffs in extruded feeds for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*., **39**, 827–834

German, D. P.; Neuberger, D. T.; Callahan, M. N.; Lizardo, N. R.; Evans, D. H., 2010: Feast to famine: The effects of food quality and quantity on the gut structure and function of a detritivorous catfish (Teleostei: Loricariidae). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A.*, **155**, 281–293

German, D. P., 2011: Digestive efficiency. *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Elsevier Inc., Vol. 3pp. 1596–1607

Guizani, N.; Rolle, R. S.; Marshall, M. R.; Wei, C. I., 1991: Isolation, purification and characterization of trypsin from the pyloric ceca of mullet (*Mugil cephalus*). *Comparative Biochemistry and Physiology - B.*, **98**, 517–521

Gupta, S. B. C., 1981: Food and Feeding Habits and Physiology of Digestion in. Certain Riverine Teleosts. *Proceedings of the Indian National Science Academy.*, **6**, 837–844

Inami, M.; Taverne-Thiele, A. J.; Schrøder, M. B.; Kiron, V.; Rombout, J. H. W. M., 2009: Immunological differences in intestine and rectum of Atlantic cod (Gadus morhua L.). *Fish & Shellfish Immunology.*, **26**, 751–759

Jutfelt, F., 2011: Barrier Function of the Gut. In: Farrel, A. P. (ed.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Elsevier, New York, Vol. 2pp. 1322–1331

Krogdahl, Å.; Bakke-Mckellep, A. M., 2005: Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (Salmo salar L.). *Comparative Biochemistry and Physiology - A.*, **141**, 450–460

Krogdahl, Å.; Sundby, A.; Bakke, A. M., 2011: Gut secretion and digestion. In: Farrel, A. P. (ed.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Elsevier, New York, Vol. 2pp. 1301–1310

Lemos, V. M.; Jr, A. S. V.; Schwingel, P. R.; Muelbert, J. H., 2014: Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *Journal of Fish Biology.*, **85**, 671–687

McCauley, H. A.; Guasch, G., 2015: Three cheers for the goblet cell: maintaining homeostasis in mucosal epithelia. *Trends in Molecular Medicine.*, **21**, 492–503

Menezes, N. A.; Nirchio, M.; Oliveira, C.; Siccharamirez, R., 2015: Taxonomic review of the species of Mugil (Teleostei: Perciformes: Mugilidae) from the Atlantic South Caribbean and South America, with integration of morphological, cytogenetic and molecular data. *Zootaxa.*, **3918**, 1–38

Nordrum, S.; Krogdahl, Å.; Røsjø, C.; Olli, J. J.; Holm, H., 2000: Effects of methionine, cysteine and medium chain triglycerides on nutrient digestibility, absorption of amino acids along the intestinal tract and nutrient retention in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under pair-feeding regime. *Aquaculture.*, **186**, 341–360

Okamoto, M. H.; Sampaio, L. A.; Maçada, A. P., 2006: Efeito da temperatura sobre o crescimento e a sobrevivência de juvenis da tainha *Mugil platanus* günther , 1880. *Atlântica.*, **28**, 61–66

Oliveira, I. R.; Soares, L. S. H., 1996: Alimentação da Tainha *Mugil platanus* Günter, 1880 (Pisces: Mugilidae), da Região Estuarino-Lagnar de Canaéia, São Paulo, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca., 23, 95–104

Olsson, C.; Holmgren, S., 2001: The control of gut motility. *Comparative Biochemistry and Physiology - A.*, **128**, 481–503

Olsson, J.; Quevedo, M.; Colson, C.; Svanbäck, R., 2007: Gut length plasticity in perch: into the bowels of resource polymorphisms. *Biological Journal of the Linnean Society*, **90**, 517–523

Payne, A. I., 1978: Gut pH and digestive strategies in estuarine grey mullet (Mugilidae) and tilapia (Cichlidae). *Journal of Fish Biology*., **13**, 627–629

Petkam, R.; Moodie, G. E. E., 2001: Food particle size, feeding frequency, and the use of prepared food to culture larval walking catfish (*Clarias macrocephalus*). *Aquaculture*, **194**, 349–362

Rahimulla, R., OSMANIA, F. Z. S. A comparitive study of the morphology, histology an probable functions of the pyloric caeca in indian fishes, together with a discussion on their homology. *Fisheries OJflcer*, p. 1–41, 1944.

Roselet, F. F. G., 2005: *Considerações ecológicas sobre o habito alimentar iliógago dos juvenis da tainha Mugil platanus Günther, 1880 no estuário da lagoa dos patos e região costeira adjacente, RS - Brasil.* Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Ross, M. H.; Pawlina, W., 2016: Histologia Texto e Atlas: Correlação com Biologia Celular e Molecolar 7th . Guanabara Koogan, Rio de Janeiro

Sampaio, L.; Wasielesky, W. J.; Miranda-Filho; KC, 2002: Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile Mugil platanus. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*., **68**, 668–674

Santigosa, E.; Sánchez, J.; Médale, F.; Kaushik, S.; Pérez-Sánchez, J.; Gallardo, M. A., 2008: Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. *Aquaculture*, **282**, 68–74

Segovia-Quintero, M. a.; Reigh, R. C., 2004: Coating crystalline methionine with tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **238**, 355–367

Seth, H.; Sandblom, E.; Holmgren, S.; Axelsson, M., 2008: Effects of gastric distension on the cardiovascular system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, **294**, 1648–1656

Stephen, J. M.; Blaber, F. L. S., 1976: The food and feeding ecology of Mugilidae in the St. Lucia lake system. *Biological Journal of the Linnean Society*, **8**, 267–277

Thomson, B. J. M., 1954: The organs of feeding and the food of some Australian mullet. *Aust. J. Mar. Freshw. Res*., **5**, 469–485

Trellu, J., Albertini-Berhaut, J. Caractérisation de Quelques Activités Enzymatiques Digestives chez Mugil capito en Relation avec la Taille. *Biochemical Sysrematics and Ecology*, v. 6, p. 255–259, 1978

494 Webb, K. A.; Rawlinson, L. T.; Holt, G. J., 2010: Effects of dietary starches and the
495 protein to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron*
496 *canadum*. *Aquaculture Nutrition*, **16**, 447–456

497 Whitfield, A. K., 2016: Ecological Role of Mugilidae in the Coastal Zone. In: Crosetti, D.
498 & S. Blaber (eds.), *Biology, Ecology and Culture of Grey Mullets (Mugilidae)*. CRC
499 Press, pp. 324–348

500 Wilson, J. M.; Castro, L. F. C., 2011: Morphological diversity of the gastrointestinal tract
501 in fishes. In: Grosell, M., A. P. Farrell & C. J. Brauner (eds.), *The Multifunctional Gut of*
502 *Fish*. First Edit. Elsevier, Vol. 30pp. 1–55