

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

ANÁLISE HISTOMÉTRICA E DENSIDADE CELULAR DO INTESTINO
DE PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS ALIMENTARES

Bruna Karla Assad Bellinate

CAMPO GRANDE
MATO GROSSO DO SUL
2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**ANÁLISE HISTOMÉTRICA E DENSIDADE CELULAR DO
INTESTINO DE PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS
ALIMENTARES**

**HISTOMETRY AND CELL DENSITY ANALYSIS OF FISH INTESTINE
ACCORDING TO EATING HABITS**

Bruna Karla Assad Bellinate

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal

**CAMPO GRANDE
MATO GROSSO DO SUL
2019**

*A Deus, fonte de toda sabedoria e sem
o qual não seria possível tamanha vitória*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças, sabedoria, saúde e discernimento.

À minha família, minha base e fonte de inspiração, pelos quais eu nunca desisti de lutar mesmo que as dificuldades perpassassem por minha cabeça. Meu agradecimento especial ao meu pai Oscar Antônio Bellinate, minha irmã Eduarda Cristina Assad Bellinate e meu namorado Lauremar Souza dos Santos Junior, por cada palavra de consolo dita nos momentos de desespero e também por cada momento que se alegraram com as minhas vitórias, eu amo muito vocês. Ainda em agradecimento ao meu pai, por me proporcionar a oportunidade de concluir esta pós-graduação, pois sem o apoio seu certamente eu não teria conseguido.

Ao meu orientador prof. Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes primeiramente pela oportunidade, pelo aprendizado, pela amizade, pelo apoio e exemplo profissional.

Aos amigos Sandriely Fernanda Marcondes, LÍlian Franco Belussi, Mayara Schueroff Siqueira, Taynara Ribeiro Farias Leão, Robson Andrade Rodrigues, André Luiz do Nascimento Silva, Karine Nathiele, Sabrina Fuzer Gonçalves, Brenda de Oliveira Martins, Maria Eduarda Corona Garcia, e Alexandre Welzel da Silveira do (LAPEX) Laboratório de Patologia Experimental, pela amizade, sugestões, auxílios e todas contribuições proporcionadas para o desenvolvimento desse trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo do mestrado.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul que me proporcionou grandes aprendizados, contribuindo na minha formação profissional.

Resumo

BELLINATE, B.K.A. ANÁLISE HISTOMETRICA E DENSIDADE CELULAR DO INTESTINO DE PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS ALIMENTARES. 2019. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

O Intestino é o órgão responsável pela digestão e absorção dos nutrientes, a mucosa intestinal pode apresentar modificações morfológicas entre as espécies de peixes, em razão dos distintos hábitos alimentares existentes. O objetivo do trabalho foi comparar a densidade celular e as características morfométricas de diferentes porções do intestino em peixes com hábitos alimentares distintos. Foram utilizados 20 espécimes juvenis ($n=5$) de *Piaractus mesopotamicus* (onívoro), *Pseudoplatystoma corruscans* (carnívoro), *Oreochromis niloticus* (fitoplancetófago) e *Prochilodus lineatus* (detritívoro), oriundos do setor de piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Após a eutanásia em eugenol (450 mg L^{-1}), o intestino foi colhido, pesado, medido e fragmentado em 4 regiões, intestino anterior (A), médio anterior (MA), médio posterior (MP) e posterior (P). Após a fixação em solução de formol 10%, os segmentos do intestino foram submetidos ao processamento histológico de rotina em Paraplast (Sigma Aldrich®), cortados em $3 \mu\text{m}$ e corados com hematoxilina e eosina (H&E), ácido periódico de Schiff (PAS) e azul de alcian (AZ). Foram realizadas imagens digitalizadas ($n=3$; 5x, 400x e 1000x de magnitude) de cada secção histológica, usadas para mensurar os parâmetros morfométricos utilizando o software Motic Images Plus 2.0 (Motic®). O efeito da espécie com diferentes hábitos foi estimado dentro de cada região (ANOVA, teste de Tukey HSD). *Pseudoplatystoma corruscans* e *P. mesopotamicus* apresentaram parâmetros morfométricos na camada muscular externa e camada submucosa superiores ($P<0,05$) as demais espécies. Na camada muscular interna *P. corruscans* apresentou resultados superiores ($P<0,05$). Na região média posterior e posterior, *O. niloticus* obteve menor altura da vilosidade e de lamina própria. Na região anterior, *P. corruscans* obteve a menor largura da vilosidade. A densidade dos enterócitos variou apenas na região posterior, sendo superior ($P<0,05$) em *P. mesopotamicus* e inferior em *O. niloticus*. Na região média anterior, a densidade dos granulócitos foi superior ($P<0,05$) em *P. lineatus* e dos agranulócitos em *O. niloticus*. A região posterior, *P. lineatus* apresentou a maior população de granulócitos ($P<0,05$). A densidade das células calciformes apresentou-se superior ($P<0,05$) em *P. corruscans* nas regiões média posterior e posterior. Com os resultados encontrados é possível concluir que o hábito alimentar das diferentes espécies afeta a densidade celular na mucosa intestinal e características morfométricas do intestino.

Palavras-chave: Células calciformes, Peixe Carnívoro, Trato Digestivo.

Abstract

BELLINATE, B.K.A. HISTOMETRY AND CELL DENSITY ANALYSIS OF FISH INTESTINE ACCORDING TO EATING HABITS. 2019. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

The intestine is the organ responsible for the digestion and absorption of nutrients, the intestinal mucosa can present morphological modifications among fish species, due to different dietary habits. The objective of this work was to compare the cell density and morphometric characteristics of different portions of the intestine in fish with different eating habits. Twenty juvenile ($n = 5$) specimens of *Piaractus mesopotamicus* (omnivore), *Pseudoplatystoma corruscans* (carnivorous), *Oreochromis niloticus* (phytoplankton) and *Prochilodus lineatus* (detritivore) were collected from the fishery sector of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS). After eugenol eugenol (450 mg L^{-1}), the intestine was harvested, weighed, measured and fragmented in four regions, anterior (A), anterior (MA), posterior (MP) and posterior (P). After fixation in 10% formalin solution, intestinal segments were submitted to routine histological processing in Paraplast (Sigma Aldrich®), cut into $3 \mu\text{m}$ and stained with hematoxylin and eosin (H & E), periodic acid Schiff (PAS) and alcian blue (AZ). Scanned images ($n = 3$, $5\times$, $400\times$ and $1000\times$ magnitude) of each histological section were used to measure the morphometric parameters using Motic Images plus 2.0 software (Motic®). The effect of the species with different habits was estimated within each region (ANOVA, Tukey HSD test). *Pseudoplatystoma corruscans* and *Piaractus mesopotamicus* presented morphometric parameters in the outer muscle layer and upper submucosa layer ($P < 0.05$) in the other species. In the internal muscular layer *P. corruscans* presented superior results ($P < 0.05$). The posterior and posterior middle region, *O. niloticus*, had lower villus height and lamina propria. In the anterior region, *P. corruscans* had the lowest villous width. Enterocyte density varied only in the posterior region, being higher ($P < 0.05$) in *P. mesopotamicus* and lower in *O. niloticus*. In the anterior medium region, the granulocyte density was higher ($P < 0.05$) in *P. lineatus* and the grafts in *O. niloticus*. The posterior region, *P. lineatus* presented the largest population of granulocytes ($P < 0.05$). The density of goblet cells was higher ($P < 0.05$) in *P. corruscans* in the posterior and posterior regions. With the results found it is possible to conclude that the dietary habits of the different species affect the cell density in the intestinal mucosa and morphometric characteristics of the intestine.

Keywords: Goblet cells, Carnivorous Fish, Digestive Tract.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Biometria e composição nutricional de rações comerciais fornecidas de acordo com a espécie.....	25
Tabela 2- Efeito principal de espécie, região do intestino e efeito interativo para variáveis histométricas e da densidade celular.....	29
Tabela 3- Valores médios ($\pm$ epm) de medidas morfométricas de acordo com a região do intestino e espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.....	30
Tabela 4- Valores médios ($\pm$ epm) da vilosidade e lamina própria de acordo com a região do intestino e espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.....	31
Tabela 5- Valores médios ($\pm$ epm) das medidas de densidade e volume celular de acordo com a região do intestino e espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.....	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Representação esquemática da colheita de fragmento do intestino em uma espécie de peixe carnívoro. Linhas pontilhadas representam as subdivisões do intestino; setas representam o local para colheita do fragmento tecidual; **a**, região anterior; **b**, região média anterior; **c**, media posterior; **d**, região posterior.....26
- Figura 2- Média e respectivos desvios padrões para variáveis biométricas obtidas em diferentes espécies de peixes de acordo com o habito alimentar.....28
- Figura 3- Secções histológicas do intestino de *Prochilodus lineatus* (1) e *Pseudoplatystoma corruscans* (2). 1A e 2A - região anterior do intestino. 1B e 2B - região média anterior do intestino. 1C e 2C - região média posterior do intestino. 1D e 2D – região posterior do intestino. Nas imagens 1A e 1D as setas mostram as células granulocíticas presentes no intestino da *Prochilodus lineatus*. Os enterócitos estão representados na imagem 1B (seta). Nas imagens 2B e 2D as setas indicam as células caliciformes presentes no intestino do *Pseudoplatystoma corruscans*.....40
- Figura 4- Secções histológicas do intestino de *Pseudoplatystoma corruscans* (A), *Piaractus mesopotamicus* (B), *Prochilodus lineatus* (C). Imagem A - Corte transversal do intestino com respectivas camadas: Camada muscular externa (ME); camada muscular interna (MI); camada submucosa (SM) e camada mucosa (M). (2,5x) H&E. Imagem B - As retas indicam as medidas lineares da altura da vilosidade (A) e largura da vilosidade (L). A seta indica a área da vilosidade. Região anterior, PAS. Imagem C - As retas indicam as medidas lineares da altura da lâmina própria (A) e largura da lamina própria (L). Região média anterior, H&E.....41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. REVISÃO DE LITERATURA	8
1.1 BIOLOGIA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	8
1.2 HÁBITO ALIMENTAR	10
1.3 ANATOMIA E MORFOLOGIA DO INTESTINO	10
1.4 HISTOLOGIA E FISIOLOGIA DO INTESTINO	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
ANÁLISE HISTOMÉTRICA E DENSIDADE VOLUMÉTRICA DO INTESTINO DE PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS ALIMENTARES.....	20
Introdução	23
Material e Métodos	24
Resultados.....	27
Discussão	33
Conclusão.....	36
Referências bibliográficas	36

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos nas áreas de melhoramento genético, manejo, sanidade e nutrição permitiram que as atividades aquícolas alcançassem patamares elevados quanto a produção e comercialização de proteína animal. O crescimento anual do setor e a qualidade nutricional da carne são alguns fatores que fazem o pescado ser cada vez mais procurado pelo consumidor e recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (MPA, 2011).

Existe uma grande diversidade de espécies de peixes, com hábitos e comportamentos alimentares diversos, alguns autores ressaltaram a importância do conhecimento da morfologia do tubo digestivo dos peixes, por apresentar variações relacionadas a natureza do alimento ingerido e ao ambiente (AL-HUSSAINI, 1946; ANGELESCU e GNERI, 1949 e HIDALGO e ALLIOT, 1987).

A morfologia do trato digestório dos peixes está diretamente relacionada com as características da dieta e o estágio de desenvolvimento do indivíduo (BECKER et al., 2010). Investigação sobre hábitos alimentares por meio de análises morfológicas tem sido empregada para auxiliar na interpretação da dinâmica nutricional nas diferentes espécies de cultivo. (WOOTTON, 1990; SILVA et al., 2005; MONTENEGRO et al., 2011). O intestino está envolvido em importantes funções fisiológicas, sendo o principal órgão de digestão dos alimentos e absorção de nutrientes (CABALLERO et al., 2003), e a mucosa intestinal também pode apresentar modificações morfológicas em razão dos distintos hábitos alimentares entre as espécies (BALDISSEROTTO et al., 2014).

O conhecimento da mucosa intestinal dos peixes é importante para fornecer informações aos estudos de nutrição, de forma a atender às exigências nutricionais dos peixes, proporcionando saúde, favorecendo o bem-estar, além de auxiliar na obtenção de bons desempenhos pelos animais. Em razão disso, existe um aumento no interesse nos estudos morfológicos do sistema digestório dos peixes, uma vez que esses estudos possibilitam o desenvolvimento de uma piscicultura competitiva. E apesar de ser comum a criação de peixes sem o conhecimento de suas adaptações morfofisiológicas, esses fatos podem acarretar em erros nutricionais, tendo como consequência a deficiência alimentar, problemas relacionados ao índice de mortalidade e consequentemente ao custo de produção (SANTOS, 1999).

Existe uma escassez no número de trabalhos que estudam a morfologia das diferentes regiões do intestino nas espécies de peixes em geral e principalmente em espécies tropicais. Diante do exposto, este estudo teve como objetivo analisar as características histométricas e de densidade celular de diferentes regiões do intestino em espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1. 1. BIOLOGIA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

PACU (*Piaractus mesopotamicus*)

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma espécie tropical originária das Bacias do rio Paraná, Paraguai e Uruguai (GODOY, 1975; BICUDO, 2008). Conhecido como pacu-caranha, caranha ou pacu-guaçu, na região neotropical, tem alto valor econômico, principalmente na região centro-oeste, onde é predominante (PETRERE, 1989). A produção de peixes nativos (principalmente tambaqui, pacu, pirapitinga e seus híbridos) correspondem a 43,7% da produção, mais de 300 mil toneladas (PEIXE BR, 2018).

Esse peixe pertence à ordem Characiformes, família Characidae, subfamília Serrasalminae, gênero *Piaractus*, espécie *mesopotamicus*. Possui o hábito alimentar onívoro onde se alimentam de folhas, frutos, caules, flores e sementes, podendo se alimentar de insetos, moluscos e peixes (URBINATTI et al., 2010).

Com relação à reprodução, o pacu realiza a fecundação externa com desova total, isso ocorre após a migração. Quando em ambiente confinado essa espécie apresenta bloqueios no seu ciclo e só reproduz artificialmente por técnica de indução hormonal, ocorrendo durante o período de outubro a março (LIMA et al., 1991).

PINTADO (*Pseudoplatystoma corruscans*)

O pintado é uma espécie de peixe tropical que habita Bacias do Prata, São Francisco e Paraná (GODINHO et al. 1997). É um peixe de couro do gênero *Pseudoplatystoma* da família Pimelodidea, conhecida popularmente como surubim ou pintado. É a espécie de maior porte do gênero, podendo alcançar até 120 kg (SATO et al., 2003). A produção de surubins no Brasil em 2017 foi de 13.427.627 kg (IBGE, 2017).

O surubim apresenta grande valor comercial devido ao seu grande porte e à carne bastante apreciada pelo consumidor, por não possuir mio-espinhos. Possui o hábito alimentar carnívoro, alimentando-se principalmente de pequenos peixes.

Com relação a reprodução essa espécie entra em período reprodutivo na época das chuvas - entre os meses de outubro e janeiro (GODINHO et al. 1997; BRITO e BAZZOLI, 2003), quando fêmeas atingem a maturidade sexual chegam a liberar até 1,5 milhões de ovos (SATO et al., 2003).

TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia do Nilo é um peixe exótico, natural da África e por ser uma espécie rústica para piscicultura, teve sua distribuição expandida para todos os continentes nos últimos anos (LOVSHIN, 1997). A espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), foi introduzida no Brasil em 1997. É uma espécie bastante rústica, de hábito alimentar fitoplanctófago (SANTIAGO et al., 1987).

É a mais importante espécie de peixes cultivados do Brasil. Segundo levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura, a espécie representa 51,7% da Piscicultura nacional, com 357.639 toneladas em 2018 (PEIXE BR, 2018).

É de fácil reprodução e obtenção de alevinos, possui a capacidade de aproveitar alimentos naturais em viveiros, tem excelente crescimento em cultivo intensivo, grande rusticidade, tolerância a baixos níveis de oxigênio dissolvido e da resistência a doenças (KUBITZA, 2000).

CURIMBÁ (*Prochilodus lineatus*)

Este gênero é de grande importância para a pesca comercial de vários países da América do Sul, no Brasil é um dos principais peixes pescados nos rios (FAO, 2016).

São animais que possuem o hábito alimentar detritívoro, se alimentam de restos orgânicos, essa espécie é encontrada nos rios das bacias Solimões-Amazonas, Tocantins, São Francisco, Paraná-Paraguai, Paraíba do Sul e Uruguai (SIVASUNDAR et al., 2001).

Os curimbas realizam migrações para fins reprodutivos, onde apresentam desova única, fecundação externa e ausência de cuidado parental (PAIVA et al., 2002).

1.2. HÁBITO ALIMENTAR

Os peixes apresentam grande diversidade de hábitos e comportamentos alimentares, no qual se tem uma variação estrutural em seu aparelho digestivo, organizado estruturalmente em cavidade buco-faringiana, tubo digestivo constituído geralmente de esôfago, estômago e intestino, e as glândulas anexas, fígado e pâncreas (ROMER e PARSONS, 1985). A morfologia do sistema digestivo dos peixes se desenvolveu para que a ingestão, digestão e assimilação dos nutrientes fossem adequadas para cada hábito alimentar (RUST, 2002).

Existem várias classificações quanto aos hábitos alimentares. ANGELESCUS e GNEI (1949), NIKOLSKY (1963) e CASTAGNOLLI (1992) relacionaram o hábito alimentar com o

tipo de boca, devido à seleção e captura do alimento. PREJS (1981) e ROTTA (2003), relacionaram o hábito alimentar de acordo com a natureza do alimento ingerido, dividindo em quatro categorias, carnívoros, herbívoros, onívoros e detritívoros.

1. 3. ANATOMIA E MORFOLOGIA DO INTESTINO

O sistema digestivo é um tubo que vai da boca ao ânus, pelo qual são processados os alimentos após a ingestão. No geral, diferencia-se em quatro regiões distintas: bucofaringe, esôfago, estômago e intestino (FIERTAK, 2002). Dentre estas, o intestino destaca-se pelas suas funções principais associadas à digestão e absorção dos nutrientes da dieta (BECKER, 2010).

A posição da boca nos peixes pode ser dorsal, terminal, semi-ventral ou ventral (NIKOLSKY, 1963). Como os órgãos do sistema digestório, os diferentes formatos da boca estão relacionados a condições diversificada dos níveis tróficos e consequentemente com a disponibilidade de alimento (Al-HUSSAINI, 1947; RUST, 2002). Os peixes que apresentam grande abertura bucal em sua maioria são de hábito carnívoro. A boca pequena e com abertura estreita, que auxiliam na sucção do alimento e raspagem do substrato estão presente geralmente em peixes de hábito detritívoro e herbívoro (ALBRECHT et al., 2001).

O estômago desempenha funções mecânicas e químicas que auxiliam no início da digestão (BALDISSEROTTO, 2009; OLSSON, 2011). A sua anatomia varia conforme exista diferença ou mesmo semelhança no hábito alimentar (BALDISSEROTTO, 2009; NRC, 2011). Levando em consideração o formato pode ser classificado em três tipos: retilíneo, sifoide e cecal. (OLSSON,2011; SMITH, 1980). O tamanho do estômago está diretamente relacionado com a natureza da dieta e com o intervalo entre as alimentações (KOPOOR et al., 1975). Peixes com o hábito detritívoro apresentam o estômago com reduzida capacidade de armazenamento e com fortes contrações para facilitar na fragmentação do alimento ingerido, peixes carnívoros apresentam estômago relativamente grande em comparação aos demais hábitos (BALDISSEROTTO, 2009).

O intestino inicia logo após o piloro, já em peixes sem estômago o intestino inicia logo após o esôfago e pode apresentar um alargamento e formar um bulbo intestinal para armazenamento temporário do alimento em algumas espécies (SMITH, 1980). A função primária do intestino é completar o processo de digestão iniciada no estômago e absorver os nutrientes, água e íons (BALDISSEROTTO, 2009).

Segundo BERTIN (1958) o intestino pode ser subdividido em região anterior, região média e região posterior. Esta divisão, embora seja relativamente arbitrária, é amplamente

utilizada por vários autores (MENIN, 1988; SEIXAS FILHO, 1998; SANTOS, 1999; SOUZA, 1999). Ao longo do intestino dos peixes estão presentes as vilosidades, que são importantes para aumentar a área de contato e favorecer a absorção dos nutrientes (CYRINO et al., 2010).

Algumas espécies possuem cecos pilóricos, que são projeções digitiformes da região proximal (GENTEM et al., 2009). Os cecos pilóricos possuem estrutura histológica semelhante ao intestino, sendo uma adaptação para aumentar a área do intestino, geralmente mais desenvolvido em peixes com hábitos alimentares carnívoros, pelo fato do seu comprimento intestinal ser reduzido em relação aos demais hábitos (GENTEM et al., 2009).

O comprimento intestinal aumenta na seguinte ordem: carnívoro, onívoro, herbívoro e detritívoro (ROTTA, 2003). Nos peixes carnívoros o intestino é curto, mas a quantidade de alimento ingerido é menor, e o trânsito desse alimento é mais lento. Esse trânsito mais lento é importante, pois os nutrientes precisam se difundir para dentro das pregas que existem na mucosa intestinal antes de serem absorvidos (CYRINO et al., 2010).

Os peixes herbívoros e detritívoros possuem uma grande ingestão de alimentos e um rápido trânsito desse alimento no intestino, distribuem a superfície de absorção em um longo intestino com a mucosa pouco pregueada. O fato do intestino ser longo permite que o alimento permaneça mais tempo em contato com as enzimas aumentando assim a sua eficácia na digestão (BALDISSEROTO e VAL, 2002).

1. 4. HISTOLOGIA E FISIOLOGIA DO INTESTINO

A estrutura histológica da parede intestinal dos peixes é formada por quatro camadas: mucosa, submucosa, muscular e serosa (GENTEM et al., 2009). A mucosa é constituída por uma monocamada de células epiteliais cilíndricas, os enterócitos (WILSON e CASTRO, 2011). A submucosa é formada por camadas de tecido conjuntivo de sustentação e músculo liso, disposta longitudinalmente (WILSON e CASTRO, 2011). Esta camada também é chamada de lâmina própria, uma vez que possui vasos sanguíneos que irrigam a mucosa. (GENTEM et al., 2009; MOKHTAR, 2017). A camada serosa é constituída por epitélio escamoso simples revestida por uma fina lâmina de tecido conjuntivo (GENTEM et al., 2009; HONORATO et al., 2011).

A camada mucosa apresenta uma variável quantidade de células dendríticas (apresentadoras de antígenos), agregados linfóides, macrófagos e rodlet cells que circulam entre os enterócitos (PETERSON, 2015). O epitélio da mucosa intestinal é composto pelos enterócitos, que constituem uma monocamada de células colunares ricas em microvilosidades,

células caliciformes e células endócrinas espalhadas (ROMBOUT et al., 1985). As células caliciformes localizam-se entre os enterócitos e são responsáveis pela secreção de muco e várias enzimas digestivas. Esse muco é constituído por glicoproteínas hidrofílicas, que protegem e lubrificam o revestimento do intestino (ROMBOUT et al., 1985). O muco secretado dificulta a adesão de microrganismos patogênicos e também atua como bactericida devido à presença de lisozima (NOGA, 1995), influenciando diretamente na saúde dos animais. O aumento no número de células caliciformes está associado a processo de agressão causado por infecções bacterianas, parasitárias, produtos químicos, entre outros (SCHWARZ et al., 2011).

Estudos têm mostrado a importância das células caliciformes na saúde dos peixes. Juvenis de tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo *Bacillus cereus* e *Bacillus subtilis* como probióticos, apresentaram aumento no número de células caliciformes no epitélio intestinal (MELLO et al., 2013). Entretanto, SCHWARZ et al., (2011) não encontraram diferença significativa no número destas células em larvas, quando alimentadas com dietas contendo mananoligossacarídeo. Portanto, conclui-se que a presença das células caliciformes pode variar de acordo com a dieta e o estágio de vida da espécie.

As células endócrinas, voltadas para a lâmina própria, secretam hormônios que ajudam a regular os processos digestivos (CHECHIM, 2013). A camada submucosa possui grande quantidade de células granulocíticas e agranulocíticas (ROMBOUT et al., 1985). As células eosinofílicas granulocíticas contêm peptídeos antimicrobianos e sua degranulação pode aumentar a permeabilidade vascular e promover adesão de neutrófilos, sugerindo um envolvimento com a imunidade inata (ROMBOUT et al., 1985). Na grande maioria dos peixes a túnica muscular tornou-se bem desenvolvida para realizar a atividade peristáltica (GENTEM et al., 2009).

Ao longo do intestino, encontram-se as vilosidades ou vilos intestinais, que são evaginações da mucosa intestinal compostas pelo epitélio e lâmina própria, que se projetam na luz do intestino aumentando significativamente a área de superfície intestinal (GENTEM et al., 2009). O conhecimento da mucosa intestinal dos peixes é importante para fornecer informações aos estudos de nutrição pelo fato das vilosidades intestinais estarem relacionadas com a capacidade de absorção de nutrientes pelo animal (CECHIM, 2013). Usualmente, o aumento do número das células epiteliais (enterócitos, células caliciformes e células endócrinas), correspondendo ao aumento na altura e densidade dos vilos (MELLO et al., 2013). Quanto mais íntegra a mucosa, maior será o tamanho das vilosidades intestinais e maior a absorção de nutrientes (GARCIA, 2008), influenciando diretamente no desempenho e saúde dos peixes (SILVA et al., 2010).

Do ponto de vista fisiológico, o intestino dos peixes pode ser dividido em três segmentos. O primeiro, conhecido como segmento proximal, encontra-se relacionado com a absorção de gordura sendo o seu epitélio constituído por células prismáticas altas, também chamadas de células absorptivas além das células caliciformes (ROMBOUT et al., 1985).

Existe um maior número de células mucosas no intestino proximal devido ao fato de estas possuírem uma função de proteção da superfície dos enterócitos contra o conteúdo proveniente do estômago (LUNDSTEDT et al., 2004). O segundo segmento ou segmento médio é responsável pela absorção de macromoléculas proteicas, contendo maior número de células caliciformes em relação ao segmento anterior, e possui uma elevada concentração de vesículas pinocíticas em sua região supra nuclear (ROMBOUT et al., 1985). Nesse segmento ainda foi descrito a presença de proteínas marcadoras de pinocitose no citoplasma dos enterócitos, como a ferritina (ROMBOUT et al., 1985). A mucosa intestinal do segmento médio apresenta uma população de macrófagos superior às demais regiões intestinais (NOGA, 1995). O terceiro segmento ou distal está relacionado com a absorção de água e eletrólitos, com o epitélio apresentando maior número de células caliciformes e cutícula estriada mais baixa (MELLO, 2013). No entanto, os processos fisiológicos de digestão e absorção relacionam-se com o desenvolvimento das dobras da camada mucosa, quanto maior o número de dobras maior a capacidade de absorção (ANGELESCU e GNERI, 1949; MORAES e BARBOLA, 1995). Além disso, a transporte do bolo alimentar pode ser regulado pelo arranjo da camada mucosa. Nos animais carnívoros o trânsito intestinal é mais lento o que favorece a absorção dos nutrientes (FLORES QUINTANA et al., 1997; SEIXAS FILHO et al., 2001).

LUNDSTEADT (2003), ao estudar os diferentes cortes do intestino, anterior, médio e posterior, de pintados (*Pseudoplatystoma corruscans*) verificou alterações morfológicas das diferentes porções do intestino em função da variação nos níveis de proteínas da dieta. HONORATO et al., (2011) analisaram a histologia e a histoquímica do intestino anterior de tilápias alimentadas com dietas contendo silagem de peixe, e observaram que a espessura da vilosidade intestinal dos peixes alimentados com silagem fermentada de resíduo de tilápia foi influenciada pelos teores proteicos das dietas. Os autores observam que a variação da intensidade de secreção de glicoproteínas pelas células caliciformes está diretamente ligada com o tipo de dieta fornecida aos animais. Esse estudo demonstrou que a espécie pode adaptar seu sistema de secreção para a proteção do aparelho digestório durante a absorção de diferentes fontes proteicas.

242 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 243 ALBRECHT, M.P., FERREIRA, M.F.N. & CARAMASCHI, E.P. Anatomical features and
244 histology of the digestive tract related. Neotropical omnivorous fishes (Characiformes;
245 Anostomidae). J. Fish. Biol. 58:419-430. 2001.
- 246 AL-HUSAMI W, YTURRALDE F, MOHANTY G. Single-center experience with the Tandem
247 Heart percutaneous ventricular assist device to support patients undergoing high-risk
248 percutaneous coronary intervention. J Invasive Cardiol; 20: 319–322. 1946.
- 249 AL-HUSSAINI, A.H. The feeding habit and the morphology of the alimentary tract of some
250 teleosts living in the neighbourhood of the Marine Biological Station, Ghardaqa, Red Sea. *Publ.*
251 *Mar. Biol. Stat.*, 5:4-61. 1947.
- 252 ANGELESCUS, V. E GNERI, F. S. Adaptação do trato digestório e regime alimentar em
253 alguns peixes do rio Uruguai e del rio de la Plata. Ver. Inst. Invest. Mus. Argent. Cienc. Nat.,
254 v.1, n.6: p.161-272, 1949.
- 255 BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Ed. UFSM.
256 350p. 2009.
- 257 BALDISSEROTTO, B.; VAL, A.L. Ion fluxes of metynnis hypsauchen, a teleost from the Rio
258 Negro, Amazon, exposed to an increase of temperature. Brazilian Journal of Biology, Sao
259 Paulo, v.62, n.4B, p.749-752, 2002.
- 260 BECKER, A. G., GONÇALVES, J. F.; GARCIA, L. O. et al. Morphometric parameters
261 comparisons of the digestive tract of four teleost with different feeding habits. Ciência Rural,
262 Santa Maria, v. 40, p. 862-866, 2010.
- 263 BERTIN, L. Appareil digestif. Traité de zoologie. V.13, Paris: Masson, p. 1249-1301, 1958.
- 264 BICUDO, A.J.A. Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*):
265 proteína, energia e aminoácidos. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) –
266 Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
267 2008.
- 268 BRITO, M.F.G.; BAZOLLI, N. Reproduction of the surubim catfish (Pisces, Pimelodidae) in
269 the Sao Francisco River, Pirapora Region, Minas Gerais, Brazil. Arquivo Brasileiro de
270 Medicina Veterinaria e Zootecnia, v.55, p.624-633, 2003.
- 271 CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S.; KJØRSVIK, E.; MONTERO, SOCORRO, D. J. ,
272 FERNANDEZ, A.J.; ROSEN LUND, G. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead
273 seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. Aquaculture, v.225,
274 p.325–340, 2003.
- 275 CASPARY, W.F. Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. Am. J. Clin. Nutr.
276 55:299-308. 1992.
- 277 CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: Funep. 189p. 1992.
- 278 CASTAGNOLLI, N. Aquicultura para o ano 2000. Brasília: CNPq, 1996. 96p. 2000.

- 279 CECHIM F.E. Características morfológicas do epitélio intestinal e desempenho de Tilápia-do-
280 Nilo, *Oreochromis niloticus*, suplementada com mananoligossacarídeo (MOS). Dissertação de
281 Mestrado em Produção Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade
282 Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, 2013.
- 283 CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. A
284 piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista
285 brasileira de zootecnia, Viçosa, v. 39, p.68-87, 2010.
- 286 FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Global aquaculture production
287 statistics 2017. Rome: FAO, 2018. 256 p.
- 288 FIERTAK, A.; KILARSKI, W.M. Glycoconjugates of the intestinal goblet cells of four
289 cyprinids. Cellular and molecular life Science, Basel, v.59, p.1724-1733, 2002.
- 290 FLOREZ QUINTANA, C.I.; PEREYRA, L.A.; DOMITROVIC, H.A.; ROUX, J.P.;
291 SAMPIETRO, J.C. Estructura histológica del aparato digestivo de surubi (*Pseudoplatystoma*
292 *coruscans* y *Pseudoplatystoma fasciatum*) (Pisces, Siluriformes) Actas Reunión de
293 Comunicaciones Científicas y Tecnológicas UNNE II, v.4, p. 17- 20, 1997.
- 294 FLORES QUINTANA, C.; MORAES, F.R. Respuesta inflamatoria a la inoculación de LPS em
295 pacu (*Piaractus mesopotamicus*) suplementados con cromo. Revista de Ictiologia, Corrientes,
296 v.9, p.13-19, 2001.
- 297 GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. Atlas of fish histology. Enfield: Science Publ.,
298 215p. 2009.
- 299 GARCIA, F. Suplementação alimentar com β -glucano e mananoligossacarídeo para tilápias do
300 Nilo em tanques-rede. 2008. 100 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura,
301 Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.
- 302 GODINHO, H. P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas a aquicultura: Bases para o
303 desenvolvimento de tecnologias de reprodução. Revista Brasileira de Reprodução Animal,
304 v.31, p.351-360, 2007.
- 305 GODOY, M.P. Peixes do Brasil: subordem Characoidei. Bacia do Rio Mogi-Guassu.
306 Piracicaba, v.1, n.4, 216p, 1975.
- 307 HERNANDES, M. P. G. E AGULLEIRO, B. Ontogeny of the endocrine pâncreas in sea bass-
308 ultrastructural study. Cell Tissue Res., v.270: p.339-352. 1992
- 309 HIDALGO, F., ALLIOT, E. La digestion en los peces, in. Espinosa De Los Monteros, J.,
310 Labarta, U. (Eds., Nutricion en Acuicultura, CAYCIT Plan de Formacion de Tecnicos
311 Superiores en Acuicultura, Madrid, pp. 85-122. 1987.
- 312 HONORATO, C.A.; CRUZ, C.; CARNEIRO, D.J.; MACHADO, M.R.F. Histologia e
313 histoquímica do intestine anterior de tilápias do Nilo alimentadas com dieta contendo silagem
314 de peixe. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, São Paulo, v.48, n.4,
315 p.281-288, 2011.
- 316 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: www.ibge.gov.br.
317 Acesso em: maio 2017.

- 318 KOPOOR, B.G., SMIT, H., VERGHINA, I.A. The alimentary canal and digestion in fish.
319 *Advances in Marine Biology*, 13:109-239. 1975.
- 320 KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Fernando
321 Kubitza, 2000.
- 322 LIMA, G. BERNARDINO, M.V. VAL-SELLA, F. FAVA De MORAES, R.A. SCHEMI, M.I.
323 BORELLA. Tecido germinativo ovariano e ciclo reprodutivo de pacu *P. mesopotamicus*,
324 durante o ciclo reprodutivo, em condições de confinamento *Bol. Tec.* p. 1-46. 1991.
- 325 LOVSHIN, L.L. Tilápia farming: a growing worldwild aquaculture industry. In: SIMPÓSIO
326 SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO E PEIXES, 1, Piracicaba. Anais...Piracicaba: Colégio
327 Brasileiro de Nutrição Animal, 1997. p.137. 1997.
- 328 LUNDSTEDT, L. M.; MELO, J. F. B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile
329 of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition.
330 *Comparative Biochemistry and Physiology*, Amsterdam, v. 137B, n. 3, p. 331-339, 2004.
- 331 MPA Ministério da Pesca e Aquicultura
332 <http://www.mpa.gov.br/#aquicultura/informacoes/producao>; acesso 27 de abril de 2017.
- 333 MELLO H., MORAES J.R.E., NIZA I.G., MORAES F.R., OZÓRIO R.O.A., SHIMADA M.T.,
334 ENGRACIA FILHO J.R. & CLAUDIANO G.S. Efeitos benéficos de probióticos no intestino
335 de juvenis de Tilápia-do-Nilo. *Pesq. Vet. Bras.* 33:724-730, 2013.
- 336 MENIN, E. Anátomo-histologia funcional comparativa do aparelho digestório de seis Teleostei
337 (Pisces) de água doce. São Paulo, SP: USP, 1988. 557p. Tese (Doutorado em
338 Anátomofisiologia) - Universidade de São Paulo, 1988.
- 339 MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria do intestino do Teleósteo de água doce surubim
340 (*Pseudoplatystoma coruscans*, 1829). *Revista Brasileira Zootecnia*, 30 (6): 01-13, 2003.
- 341 MOKHTAR, D. M. *Fish Histology from Cells to Organs*, Apple Academic Press, Canada,
342 2017.
- 343 MONTENEGRO, L. A.; DAMASCENO, D. N. F.; ALMEIDA, R. G.; CHELLAPPA, S.
344 *Biologia alimentar do mussum, Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795) no açude Marechal
345 Dutra localizado no semiárido brasileiro. *Biota Amazônia*, v. 1, p. 52-60, 2011.
- 346 MORAES, M. F. P. G. & I. F. BARBOLA. Hábito alimentar e morfologia do tubo digestivo de
347 *Hoplias malabaricus* (Osteichthyes, Erythrinidae) da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná,
348 Brazil. *Acta Biol. Par.*, 24(1,2,3,4): 1-23. 1995.
- 349 NIKOLSKY, G. V. *The ecology of fishes*. London: Academic Press, 325p. 1963.
- 350 NOGA, E.J. *Fish disease: diagnosis and treatment*. Saint Louis: Mosby-Year Book. 367p. 1995.
- 351 NOGUEIRA, A. C; RODRIGUES, T. Criação de tilápias em tanques-rede. Salvador: SEBRAE
352 Bahia, p.23, 2007.
- 353 NRC. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. 3. ed. National Academy Press, Washington,
354 D.C, 2011.

- 355 OLSSON, C. The gut. Gut anatomy and morphology: Gut anatomy. P. 1268-1275. In:
356 FARRELL, A. P. (ed.) Gas Exchange, Internal Homeostasis, and Food Uptake. Encyclopedia
357 of Fish Physiology: From Genome to Environment. Academic Press: San Diego, CA, USA,
358 2011.
- 359 PAIVA, M. P; ANDRADE TURBINO, M. F.; GODOY, M.P. As represas e os peixes nativos
360 do rio Grande. Bacia do Paraná-Brasil. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, p.78, 2002.
- 361 PEIXE BR, Associação Brasileira da piscicultura, 2018. Disponível em
362 <https://www.peixebr.com.br>. Acesso em: Janeiro 2019.
- 363 PETRERE, M. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. II. Locais e aparelhos de
364 captura e estatística de desembarque. Acta Amazonica, 8(2): 1-54. 1989.
- 365 PREJS, A. Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces.
366 Universidad Central de Venezuela y Universidad de Varsóvia, 129p. 1981.
- 367 QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C.; SCORVO-FILHO, J.D.; CYRINO,
368 J.E.P.; CASTAGNOLLI, N.; VALENTI, W.C.; BERNARDINO, G. 38 Aquaculture in Brazil:
369 research priorities and potential for further international collaboration. World Aquaculture,
370 Baton Rouge, v.36, n.1, p.45-50, 2005.
- 371 ROTTA, M.A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes
372 relacionados a piscicultura. Corumbá: EMBRAPA, 49p. (Documento, 53). 2003.
- 373 ROMBOUT, J.H E TAVERNE THIELE, J.J. Na immunocytochemical and electron
374 microscopically study of endocrine cells in the gut and pancreas of stomach less teleost fish.
375 Cell Tissue Res., v.227, n.3: p.577-593. 1982.
- 376 ROMBOUT, J. H. W. M.; BOT, H. M. TAVERNE-THIELE, J. J. Immunological importance
377 of the second gut segment of carp: characterization of mucosal leucocytes. J. Fish Biol.,
378 London, v. 35, p. 167-178, 1985.
- 379 ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. Anatomia comparada dos vertebrados. São Paulo: Editora
380 Atheneu, 1985.
- 381 RUST, M.B. Nutritional Physiology. In: HALVER, J.H. Fish Nutrition. San Diego: Academic
382 Press. p. 367-452. 2002.
- 383 SANTIAGO, C.B., ALDABA, M.B; REYES, O.S. Influence of feeding rate and diet form on
384 growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Aquaculture, 64: 277-282.
385 1987.
- 386 SANTOS, G.C. E ZUCOLOTO, S. Células endócrinas gastrointestinais: breve histórico e
387 principais métodos de identificação a microscopia óptica. Arq. Gastroenterol, v.33, n.1: p.36-
388 44, 1999.
- 389 SATO, Y. Indução experimental da desova do surubim *Pseudoplatystoma corruscans*. In:
390 MIRANDA, M.O.T. (Ed.). Surubim. Belo Horizonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e
391 dos Recursos Naturais Renováveis. v. 19, p. 69-79. 2003.

- 392 SCHWARZ K.K., FURUYA W.M., NATALL M.R.M., GAUDEZ M.C. & LIMA P.A.G.
393 Mananoligossacarídeo em dietas para larvas de tilápia. Revista Brasileira de Zootecnia. 40(12):
394 2634-2640. 2011.
- 395 SEIXAS FILHO, J. T. Anatomia funcional e sistemas enzimáticos e endócrinos de teleósteo de
396 água doce com hábitos alimentares diferentes. Viçosa, MG: UFV, 175p., Dissertação de
397 doutorado em Zootecnia- Universidade Federal de Viçosa. 1998.
- 398 SEIXAS FILHO, J.T.; BRÊS, J.M.; GOMIDE, A.T.M.; OLIVEIRA, M.G.A.; DONZELE, J.L.;
399 MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce
400 surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*, 1829). Rev. bras. Zootec, 30(6): 1670-1680. 2001.
- 401 SILVA, N. B.; GURGEL, H. C. B.; SANTANA, M. D.; SILVA, N. M. Histologia do sistema
402 digestório de *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), do rio
403 Ceará Mirim, Umari distrito de Taipu, Rio Grande do Norte. Boletim do Instituto de Pesca, São
404 Paulo, v. 31, n.1, p. 1-8, 2005.
- 405 SILVA, L. P; NÖRNBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. Ciência Rural,
406 Santa Maria, v.33, n.5, p.983-990, set-out, ISSN 0103-8478. 2003.
- 407 SIVASUNDAR, A.; BERMINGHAM, E.; ORTÍ, G. Population structure and biogeography of
408 migratory freshwater fishes (Prochilodus: Characiformes) in major South American rivers.
409 Molecular Ecology, v. 10, p.407- 417, 2001.
- 410 SMITH, L.S. Digestion in teleost fish. In: Lectures presented at the FAO/UNPD training course
411 in fish feed technology, ADCP/REP/80/11, p.3-17. 1980.
- 412 SOUZA, M.L.R.; MACEDO-VIEGAS E.M.; KRONKA, S.N. Influência do método de
413 filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça, filé e pele da tilápia do Nilo
414 (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.1, p.1-6, 1999.
- 415 URBINATTI, E.C; GONÇALVES, F.D.; TAKAHASHI, L.S. PACU (*Piaractus*
416 *mesopotamicus*). In: BALDISSEROTO, B.; GOMES, L.C. Espécies nativas para a piscicultura
417 no Brasil. 2. ed. Santa Maria. Ed da UFSM, Cap. 8, p. 205-244. 2010.
- 418 WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C. Morphology diversity of the gastrointestinal tract in fishes.
419 In: CROSSEL, M.; FARRELL, A. P.; BRANER, C. J. (Ed). Fish physiology: the
420 multifunctional gut of fish. London: Elsevier, p.2-56. 2011.
- 421 WOOTTON, R. J. Ecology of teleost fishes. London: Chapman and Hall, 1990.
- 422
- 423
- 424
- 425
- 426
- 427
- 428

**ANÁLISE HISTOMÉTRICA E DENSIDADE CELULAR DO INTESTINO DE
PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS ALIMENTARES**

**HISTOMETRY AND CELL DENSITY ANALYSIS OF FISH INTESTINE ACCORDING
TO EATING HABITS**

Bruna Karla Assad Bellinate^{1*}, Carlos Eurico dos Santos Fernandes².

¹Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal – FAMEZ/UFMS.
Email: Bru_karla@hotmail.com

²Professor Dr. do Instituto de Biociências (INBIO) – Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul. E-mail: carlos.fernandes@ufms.br

ANÁLISE HISTOMÉTRICA E DENSIDADE CELULAR DO INTESTINO DE PEIXES COM DIFERENTES HÁBITOS ALIMENTARES

Resumo: O objetivo do trabalho foi comparar a densidade celular e as características morfológicas de diferentes porções do intestino em peixes com hábitos alimentares distintos. Foram utilizados 20 espécimes juvenis (n=5) de *Piaractus mesopotamicus* (onívoro), *Pseudoplatystoma corruscans* (carnívoro), *Oreochromis niloticus* (fitoplanctófago) e *Prochilodus lineatus* (iliófago), oriundos do setor de piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Após a eutanásia em eugenol (450 mg L⁻¹), o intestino foi colhido, pesado, medido e fragmentado em 4 regiões, intestino anterior (A), médio anterior (MA), médio posterior (MP) e posterior (P). Após a fixação em solução de formol 10%, os segmentos do intestino foram submetidos ao processamento histológico de rotina em Paraplast (Sigma Aldrich®), cortados em 3 µm e corados com hematoxilina e eosina (H&E), ácido periódico de Schiff (PAS) e azul de alcian (AZ). Foram realizadas imagens digitalizadas (n=3; 5x, 400x e 1000x de magnitude) de cada secção histológica, usadas para mensurar os parâmetros morfológicos utilizando o software Motic Images Plus 2.0 (Motic®). O efeito da espécie com diferentes hábitos foi estimado dentro de cada região (ANOVA, teste de Tukey HSD). *Pseudoplatystoma corruscans* e *Piaractus mesopotamicus* apresentaram parâmetros morfológicos na camada muscular externa e camada submucosa superiores (P<0,05) as demais espécies. Na camada muscular interna *P. corruscans* apresentou resultados superiores (P<0,05). A região média posterior e posterior, *O. niloticus* obteve menor altura da vilosidade e de lamina própria. Na região anterior, *P. corruscans* obteve a menor largura da vilosidade. A densidade dos enterócitos variou apenas na região posterior, sendo superior (P<0,05) em *P. mesopotamicus* e inferior em *O. niloticus*. Na região média anterior, a densidade dos granulócitos foi superior (P<0,05) em *P. lineatus* e dos agranulócitos em *O. niloticus*. A região posterior, *P. lineatus* apresentou a maior população de granulócitos (P<0,05). A densidade das células caliciformes apresentou-se superior (P<0,05) em *P. corruscans* nas regiões média posterior e posterior. Com os resultados encontrados é possível concluir que o hábito alimentar das diferentes espécies afeta a densidade celular na mucosa intestinal e características morfológicas do intestino.

Palavras-chave: Células caliciformes, Peixe Carnívoro, Trato Digestivo.

HISTOMETRY AND CELL DENSITY ANALYSIS OF FISH INTESTINE ACCORDING TO EATING HABITS

Abstract: The objective of this work was to compare the cell density and morphometric characteristics of different portions of the intestine in fish with different eating habits. Twenty juvenile ($n = 5$) specimens of *Piaractus mesopotamicus* (omnivore), *Pseudoplatystoma corruscans* (carnivorous), *Oreochromis niloticus* (phytoplankton) and *Prochilodus lineatus* (iliophago) were collected from the fishery sector of the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS). After eugenol eugenol (450 mg L⁻¹), the intestine was harvested, weighed, measured and fragmented in four regions, anterior (A), anterior (MA), posterior (MP) and posterior (P). After fixation in 10% formalin solution, intestinal segments were submitted to routine histological processing in Paraplast (Sigma Aldrich®), cut into 3 μ m and stained with hematoxylin and eosin (H & E), periodic acid Schiff (PAS) and alcian blue (AZ). Scanned images ($n = 3$, 5x, 400x and 1000x magnitude) of each histological section were used to measure the morphometric parameters using Motic Images plus 2.0 software (Motic®). The effect of the species with different habits was estimated within each region (ANOVA, Tukey HSD test). *Pseudoplatystoma corruscans* and *Piaractus mesopotamicus* presented morphometric parameters in the outer muscle layer and upper submucosa layer ($P < 0.05$) in the other species. In the internal muscular layer *P. corruscans* presented superior results ($P < 0.05$). The posterior and posterior middle region, *O. niloticus*, had lower villus height and lamina propria. In the anterior region, *P. corruscans* had the lowest villous width. Enterocyte density varied only in the posterior region, being higher ($P < 0.05$) in *P. mesopotamicus* and lower in *O. niloticus*. In the anterior medium region, the granulocyte density was higher ($P < 0.05$) in *P. lineatus* and the grafts in *O. niloticus*. The posterior region, *P. lineatus* presented the largest population of granulocytes ($P < 0.05$). The density of goblet cells was higher ($P < 0.05$) in *P. corruscans* in the posterior and posterior regions. With the results found it is possible to conclude that the dietary habits of the different species affect the cell density in the intestinal mucosa and morphometric characteristics of the intestine.

Keywords: Goblet cells, Carnivorous Fish, Digestive Tract.

Introdução

O sistema digestório sofreu modificações morfológicas durante o processo evolutivo e responde prontamente as pressões de seleção a que os peixes são submetidos (HELFMAN et al., 2009; WILSON e CASTRO, 2011). Assim, ao considerarmos a adaptação das espécies no ambiente de cultivo, controlando suas condições de vida, o sistema digestivo passou a ser objeto de estudos cada vez mais frequentes nas últimas duas décadas (KRAMER e BRYANT, 1995; RASKOVIC et al., 2011).

Variações morfológicas, estimadas pelo emprego das técnicas histométricas tem sido amplamente utilizada nos últimos anos e, no geral, respondem como indicadores fisiológicos frente às mudanças da dieta e ao plano nutricional (FABREGAT et al., 2011; RODRIGUES et al., 2010; SONG et al., 2014). No entanto, o emprego de algumas dessas técnicas visando estabelecer parâmetros funcionais e quantitativos, ainda é pouco explorado de forma sistemática. Os padrões reportados na literatura divergem enormemente de acordo com a metodologia, região do sistema digestório, considerando suas microrregiões e, especialmente, pelas características intrínsecas à fisiologia da espécie. Portanto, emerge a necessidade de estudos padronizados com métodos sistematizados, semi-digitalizados para quantificar as estruturas morfológicas de acordo com a natureza e fisiologia digestiva das espécies (BECKER et al., 2010; SILVA et al., 2015).

A morfologia do trato digestório dos peixes está diretamente relacionada com as características da dieta e o estágio de desenvolvimento do indivíduo (BECKER et al., 2010). Investigação sobre hábitos alimentares por meio de análises morfológicas tem sido empregada para auxiliar na interpretação da dinâmica nutricional nas diferentes espécies de cultivo. (WOOTTON, 1990; SILVA et al., 2005; MONTENEGRO et al., 2011). O aumento no interesse nos estudos morfológicos do sistema digestório dos peixes possibilita o desenvolvimento de uma piscicultura competitiva, apesar de ser comum a criação de peixes sem o conhecimento de suas adaptações acarretando em consequências no custo da produção, deficiência alimentar e alto índice de mortalidade (SANTOS, 1999).

Pesquisas com a morfofisiologia do tubo digestório das espécies é indispensável para embasar estudos direcionados para a sua criação, visando aumentar a produtividade e diminuir custos de produção e mortalidade. Os peixes variam suas características digestórias conforme o hábito alimentar, especialmente nos processos de ingestão, digestão e absorção dos alimentos (BALDISSEROTTO, 2009). A existência de espécies com diferentes hábitos alimentares como, por exemplo, planctófagas, herbívoras, frutívoras, iliófagas, carnívoras, onívoras, detritívoras, hematófagos, dentre outras, está diretamente relacionada a necessidade de

568 adaptação evolutiva e disponibilidade de alimentos no ambiente natural da espécie
569 (CASTAGNOLLI, 1992).

570 As características anatômicas do sistema digestório dos peixes acham-se em estreita
571 dependência com a natureza dos alimentos, as características do habitat, o estado nutricional e
572 o estágio de desenvolvimento do indivíduo, manifestados, especialmente nesse sistema, por
573 adaptações e modificações (SEIXAS-FILHO et al. 2000).

574 Considerando a variedade de espécies produtivas, o emprego da análise da histologia
575 funcional do intestino torna-se uma ferramenta interessante e útil para comparação entre
576 espécies, uma vez que possibilita a criação de escalas numéricas reproduzíveis com substancial
577 aumento da sensibilidade na detecção de alterações mínimas entre estruturas teciduais (TRUE,
578 1996; MARCOS et al., 2012).

579 Existe uma escassez no número de trabalhos que estudam a morfologia das diferentes
580 regiões do intestino nas espécies de peixes em geral e principalmente em espécies tropicais.
581 Portanto, realizou-se este estudo com o objetivo de analisar as características histométricas e de
582 densidade celular de diferentes regiões do intestino em espécies de peixes com diferentes
583 hábitos alimentares assim como descrever a histologia do intestino de *Pseudoplatystoma*
584 *corruscans*, *Prochilodus lineatus*, *Piaractus mesopotamicus* e *Oreochromis niloticus*. Além
585 disso, comparou-se padrões histométricos e a densidade celular entre distintas regiões do
586 intestino a fim de se estabelecer relações entre as características biométricas, histométricas e
587 densidade celular entre regiões do intestino para cada espécie.

589 **Material e Métodos**

591 O estudo foi conduzido no Laboratório de Patologia Experimental (LAPEx) do Instituto
592 de Biociências (INBIO) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Foram
593 utilizados espécimes juvenis de *Prochilodus lineatus* (detritívoro n=5), *Piaractus*
594 *mesopotamicus* (onívoro n=5), *Pseudoplatystoma corruscans* (carnívoro n=5) e *Oreochromis*
595 *niloticus* (fitoplancetófago n=5), provenientes da estação experimental de piscicultura da
596 UFMS/FAMEZ.

597 Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso
598 de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS (Protocolo n°
599 976/2018).

600 Os espécimes foram acondicionados durante todo o período de adaptação (15 dias) em
601 aquários com 1.540 L, medindo 90 cm altura x 90 cm de largura x 190 cm de comprimento,

contendo sistema de aeração artificial, termostato, com renovação de 50% da água a cada dois dias. Foram alocados uma espécie por vez no aquário. Todos os espécimes receberam ração comercial extrusada de acordo com o hábito alimentar, duas vezes ao dia até saciedade (Tabela 1).

Tabela 1. Biometria e composição nutricional de rações comerciais fornecidas de acordo com a espécie.

Biometria	Espécies			
	<i>P. lineatus</i>	<i>P. mesopotamicus</i>	<i>P. corruscans</i>	<i>O. niloticus</i>
Peso (g)	218,64 ±16,42	430,28 ±33,59	273,76 ±39,36	270,66 ±58,20
Comprimento padrão (cm)	17,86 ±0,57	25,5 ±2,47	29,8 ±0,71	21,24 ±0,99
Composição nutricional				
Umidade g/kg (máx)	120	120	120	120
Proteína Bruta g/kg (min)	280	320	420	280
Extrato Etéreo g/kg (min)	40	60	80	40
Matéria Mineral g/kg (máx)	130	130	130	130
Energia digestível kcal/kg (min)	2800	3000	3500	2800
Cálcio g/kg (min)	10	10	10	10
Cálcio g/kg (máx)	25	30	35	25
Fósforo mg/kg (mín)	9000	9000	15000	9000
Vitamina C mg/kg (mín)	150	200	350	150

A qualidade da água foi analisada no período matutino, sendo mensurados a temperatura (°C), oxigênio dissolvido (OD), pH e condutividade elétrica (ms/cm²) por meio de um medidor portátil (SANXIN SX751®). Os parâmetros de qualidade da água apresentaram valores médios: temperatura de 27,1 ±0,6°C, oxigênio dissolvido de 4,8 ±0,8 mg L⁻¹ e pH 7,05 ±0,2, os valores permaneceram dentro da faixa de conforto recomendada para cada espécie estudada (BOYD, 1990).

Ao término do período de adaptação, os peixes permaneceram em jejum no período de 48 horas para posterior realização da biometria e abate. Os peixes foram anestesiados em solução de eugenol (50 mg L⁻¹), até atingirem o estágio de anestesia cirúrgica, seguido da eutanásia dos peixes por meio de aprofundamento do plano anestésico em solução eugenol na concentração de 450 mg L⁻¹ (KILDEA et al., 2004), para posterior análise biométrica e histológica. Em seguida, foram mensurados o peso (g), comprimento padrão (cm) e a retirada

do intestino, para obtenção do peso do intestino (g), comprimento do intestino (cm), quociente intestinal (QI = comprimento do intestino (cm) / comprimento padrão (cm)) e o índice somático intestinal (ISI = (peso do intestino / peso corporal do peixe) x 100)). O intestino foi esvaziado com uso de uma seringa contendo água para não interferir no peso do órgão e no índice somático intestinal. Para as análises histológicas, fracionou-se o intestino em quatro porções, de forma que todas mantivessem mesmo comprimento em cm. Os fragmentos foram classificados em anterior (A); médio anterior (MA); médio posterior (MP) e posterior (P), de acordo com a Figura 1.

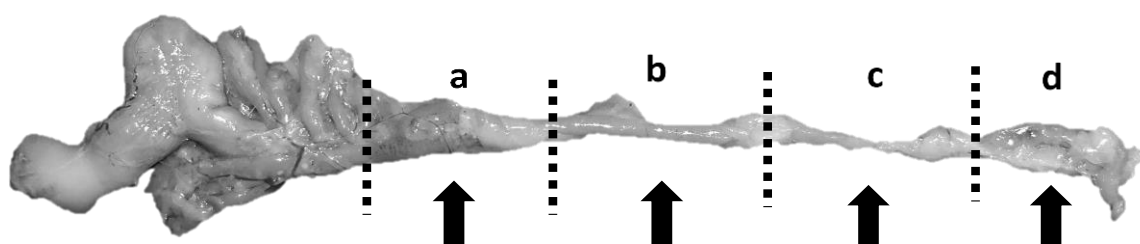


Figura 1. Representação esquemática da colheita de fragmentos do intestino em uma espécie de peixe carnívoro. Linhas pontilhadas representam as subdivisões do intestino; setas representam o local para colheita do fragmento tecidual; **a**, região anterior; **b**, região média anterior; **c**, região média posterior; **d**, região posterior.

As regiões centrais de cada fragmento (transversal e longitudinal) foram fixadas em solução de formolína 10% tamponada (pH 7,2) durante 24 horas. Posteriormente, os fragmentos foram transferidos para solução de álcool 70 GL onde permaneceram até o momento do processamento histológico. Secções histológicas foram preparadas para cortes em Paraplast (Sigma Aldrich®) com espessura de 3 µm em micrótomo rotativo (Zeiss HYRAX M25, Germany). Todas as secções foram coradas em Hematoxilina e Eosina (H&E), Ácido Periódico de Schiff (PAS) e Azul de Alcian (AZ). Imagens digitalizadas (n=3, magnitude 5, 400 e 1000x) de cada secção longitudinal e transversal de cada região foram captadas digitalmente em uma câmera Nikon D3100 adaptada (P95-T2 1,6x DSLR, Zeiss) em microscópio ótico de campo claro (Primo Star, Zeiss).

Para a análise histométricas das secções, considerou-se a medida do diâmetro total (µm) nas imagens de magnitude de 5x. A espessura e largura da vilosidade (µm), espessura e largura da lâmina própria (µm), espessura da camada muscular interna e externa (µm), espessura da camada submucosa (µm) e espessura da camada mucosa (µm) foram mensuradas em três conjuntos de vilosidade por secção/região. A área e o perímetro (µm) do núcleo e do citoplasma

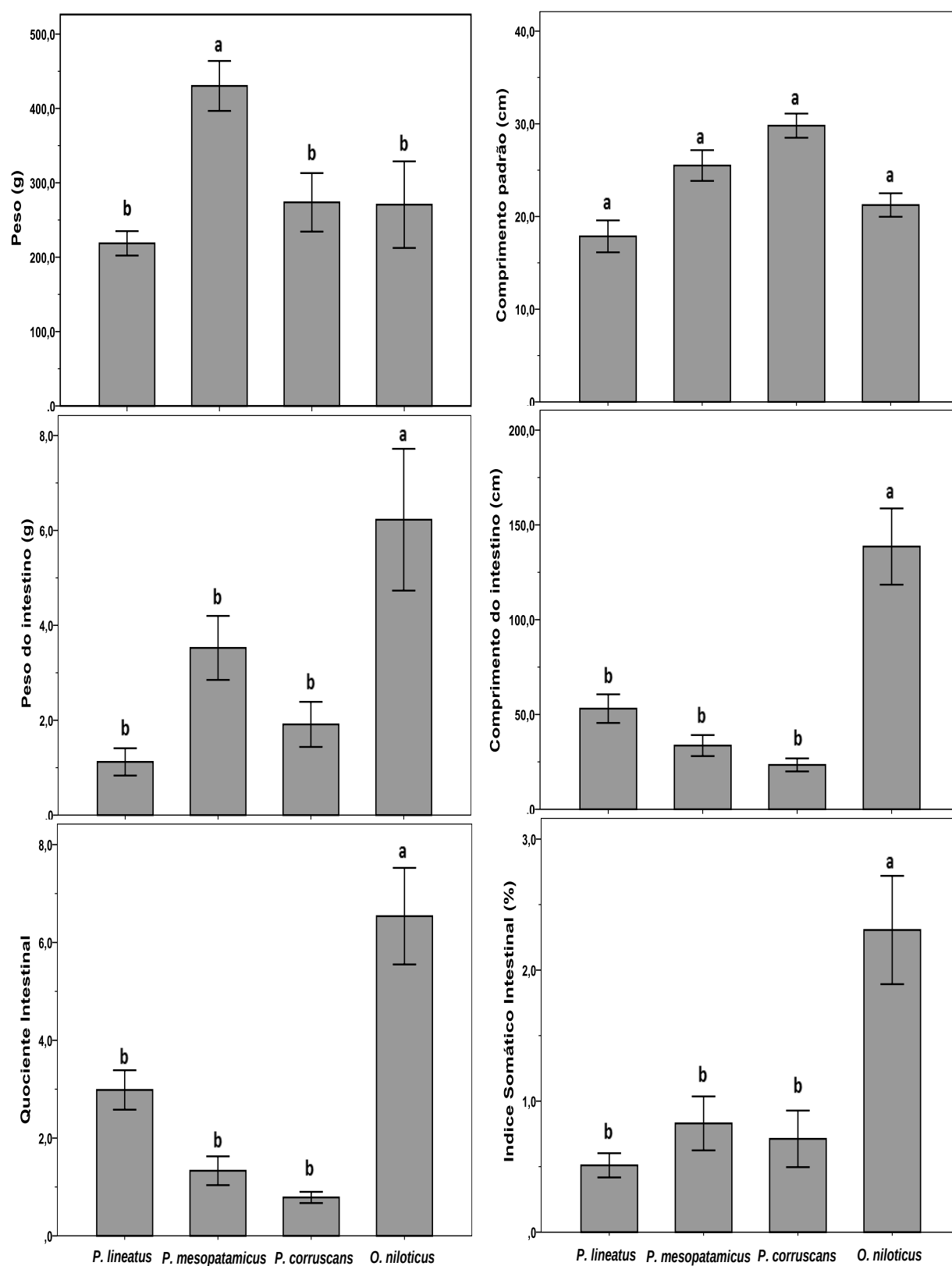
dos enterócitos e a área (μm^2) das células caliciforme ($n=30/\text{secção}$) foram mensurados em imagens de 1000 x de magnitude. A área nuclear e citoplasmática dos enterócitos foi usada para o cálculo da relação núcleo/citoplasma ($\text{RNCEnt.} = \text{área do núcleo } (\mu\text{m}^2) / \text{área do (citoplasma } (\mu\text{m}^2) \times 100$), segundo Andrade et al. (2017)).

As imagens ($n=3$ por secção/região, 400x de magnitude) foram utilizadas para análise da densidade celular (cels. / mm^2). Para isso foram selecionadas aleatoriamente cinco vilosidades em cada secção histológica onde mensurou-se a área (μm^2) total de cada vilosidade para contagem das células enterocíticas, caliciformes, granulocíticas e agranulocíticas. Os valores obtidos foram convertidos mm^2 (HEDRERA et al., 2013).

Os dados biométricos, histométricos e de densidade celular foram submetidos à análise de covariância, modelo linear multivariado, para efeito principal de espécie (fixo) e regiões (aleatório) e interação, configurando um esquema fatorial 4 x 4. O peso dos espécimes foi usado como covariável. O software SPSS 23 foi usado para as análises.

Resultados

O peso corporal do *P. mesopotamicus* ($430,28 \pm 33,59$) foi superior ($P < 0,05$) aos demais peixes, *P. corruscans* ($273,76 \pm 39,36$), *O. niloticus* ($270,66 \pm 58,20$) e *P. lineatus* ($218,64 \pm 16,42$) não diferiram entre si. O comprimento padrão dos animais apresentam variações conforme a anatomia das espécies. Já o peso e comprimento do intestino da *O. niloticus* apresentou-se maior que os demais peixes. O quociente intestinal e o índice somático intestinal em *O. niloticus* foi superior aos demais peixes, sendo que *P. corruscans* obteve o menor quociente intestinal, sendo cerca de 80% inferior comparado com os outros peixes. A figura 2 mostra os gráficos com os dados da biometria das espécies estudadas:



683

Figura 2. Média e respectivos desvios padrões para variáveis biométricas obtidas em diferentes espécies de peixes de acordo com o hábito alimentar. Médias seguidas por letras distintas diferem entre tratamentos ($P < 0.05$).

Nos resultados da análise de variância houve diferenças significativas entre as espécies para todas as variáveis histométricas e de densidade celular. No entanto, apenas a variável densidade celular do agranulócitos diferiu significativamente entre as regiões. Houve interação espécie x região para as variáveis diâmetro do intestino, espessura da camada muscular interna, e para todas as variáveis de densidade celular (Tabela 2).

Tabela 2- Efeito principal de espécie, região do intestino e efeito interativo para variáveis histométricas e de densidade celular.

Histometria (µm)	Espécie		Região		Interação (espécie x região)	
	F	P	F	P	F	P
Diâmetro Intestino	7,08	0,010	2,79	0,102	3,43	0,002
Exp. da Muscular externa	106,3	0,001	1,21	0,359	1,08	0,384
Exp. da Muscular interna	37,16	0,001	0,52	0,679	2,34	0,024
Exp. da Submucosa	44,99	0,001	0,616	0,622	1,310	0,250
Exp. da Mucosa	4,006	0,046	0,827	0,512	0,936	0,500
Exp. da Vilosidade	5,530	0,020	0,676	0,589	1,579	0,141
Larg. da Vilosidade	21,999	0,001	1,318	0,328	0,365	0,948
Exp. da Lâmina Própria	4,263	0,039	0,898	0,479	1,686	0,111
Larg. da Lâmina Própria	20,976	0,001	0,482	0,703	0,638	0,760
Densidade celular (x10⁶/mm²)						
Enterócitos	11,223	0,001	0,820	0,484	2,740	0,005
Granulócitos	45,536	0,001	0,463	0,709	4,915	0,001
Agranulócitos	27,058	0,001	3,917	0,009	3,873	0,001
Células caliciformes	7,811	0,001	0,939	0,422	5,959	0,001

Espécie: *P. lineatus*, *P. mesopotamicus*, *P. corruscans* e *O. niloticus*. Região: anterior, média anterior, média posterior e posterior. F: estatística. P: p-value.

Análises morfométricas

Na região anterior e média anterior, *P. lineatus* apresentou o menor diâmetro do intestino se comparado com os demais peixes. Na região média posterior e posterior, *P. mesopotamicus* apresentou maior diâmetro do intestino

A espessura da camada muscular externa e interna, na região anterior, média anterior, média posterior e posterior, *P. corruscans* apresentou maior ($P < 0,05$) espessura que os demais, *P. mesopotamicus* manteve resultados significativamente superior que *P. lineatus* e *O. niloticus* nas respectivas regiões.

Na camada submucosa, *P. mesopotamicus* apresentou resultados superiores ($P < 0,05$) em todas as regiões. Na camada mucosa os resultados não diferiram, exceto na região anterior, *P. lineatus* apresentou menor espessura da camada mucosa (Tabela 3).

Tabela 3- Valores médios ($\pm$ epm) de medidas morfométricas de acordo com a região do intestino e espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.

Medidas morfométricas	Região	Espécies			
		<i>P. lineatus</i>	<i>P. mesopotamicus</i>	<i>P. corruscans</i>	<i>O. niloticus</i>
Diâmetro do intestino (μm)	Anterior	1231,1 $\pm$ 57,4 ^b	2130,3 $\pm$ 140,9 ^a	2577,4 $\pm$ 209,6 ^a	1997,3 $\pm$ 248,3 ^a
	Média Anterior	1136,1 $\pm$ 102,0 ^b	2061,7 $\pm$ 169,5 ^a	1802,4 $\pm$ 177,5 ^a	1611,0 $\pm$ 61,6 ^a
	Média Posterior	1263,6 $\pm$ 96,3 ^b	2111,5 $\pm$ 227,5 ^a	1390,7 $\pm$ 65,0 ^b	1541,8 $\pm$ 56,6 ^b
	Posterior	1245,8 $\pm$ 126,2 ^b	1973,4 $\pm$ 120,8 ^a	1384,1 $\pm$ 147,1 ^b	1257,8 $\pm$ 116,4 ^b
Espessura camada Muscular Externa (μm)	Anterior	16,72 $\pm$ 3,04 ^b	104,56 $\pm$ 14,33 ^{ab}	177,38 $\pm$ 46,45 ^a	31,76 $\pm$ 3,98 ^b
	Média Anterior	17,12 $\pm$ 1,37 ^c	117,86 $\pm$ 13,70 ^b	255,52 $\pm$ 16,93 ^a	29,56 $\pm$ 1,09 ^c
	Média Posterior	19,52 $\pm$ 2,29 ^c	132,02 $\pm$ 19,99 ^b	211,68 $\pm$ 29,95 ^a	30,18 $\pm$ 4,03 ^c
	Posterior	19,94 $\pm$ 2,70 ^c	121,80 $\pm$ 9,44 ^b	195,04 $\pm$ 7,94 ^a	32,78 $\pm$ 4,19 ^c
Espessura camada Muscular Interna (μm)	Anterior	39,94 $\pm$ 5,07 ^b	126,68 $\pm$ 14,19 ^{ab}	334,22 $\pm$ 55,13 ^a	68,88 $\pm$ 9,11 ^b
	Média Anterior	34,10 $\pm$ 1,52 ^b	121,30 $\pm$ 10,49 ^b	340,40 $\pm$ 45,66 ^a	72,88 $\pm$ 11,39 ^b
	Média Posterior	38,92 $\pm$ 5,91 ^c	176,12 $\pm$ 31,23 ^b	215,32 $\pm$ 55,86 ^a	48,92 $\pm$ 10,56 ^{bc}
	Posterior	32,72 $\pm$ 4,37 ^c	144,94 $\pm$ 17,20 ^b	389,34 $\pm$ 41,29 ^a	58,52 $\pm$ 7,81 ^{bc}
Espessura camada Submucosa (μm)	Anterior	30,84 $\pm$ 1,75 ^c	118,08 $\pm$ 12,10 ^a	80,36 $\pm$ 2,17 ^b	64,42 $\pm$ 8,21 ^b
	Média Anterior	32,36 $\pm$ 4,49 ^c	129,38 $\pm$ 18,10 ^a	85,26 $\pm$ 8,63 ^{ab}	66,62 $\pm$ 10,56 ^{bc}
	Média Posterior	35,64 $\pm$ 2,92 ^b	171,22 $\pm$ 23,32 ^a	77,62 $\pm$ 12,23 ^b	52,50 $\pm$ 5,40 ^b
	Posterior	29,76 $\pm$ 2,10 ^c	161,08 $\pm$ 27,05 ^a	94,40 $\pm$ 11,93 ^b	57,22 $\pm$ 11,41 ^{bc}
Espessura camada Mucosa (μm)	Anterior	46,16 $\pm$ 3,98 ^b	68,26 $\pm$ 5,74 ^a	57,26 $\pm$ 5,87 ^{ab}	50,24 $\pm$ 4,68 ^{ab}
	Média Anterior	55,36 $\pm$ 2,95 ^a	64,40 $\pm$ 2,94 ^a	57,14 $\pm$ 5,04 ^a	47,90 $\pm$ 7,91 ^a
	Média Posterior	51,56 $\pm$ 5,26 ^a	72,48 $\pm$ 5,94 ^a	63,82 $\pm$ 14,57 ^a	54,70 $\pm$ 7,87 ^a
	Posterior	59,96 $\pm$ 8,33 ^a	65,74 $\pm$ 3,62 ^a	50,54 $\pm$ 3,26 ^a	68,24 $\pm$ 8,10 ^a

Letras distintas entre colunas representam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre espécies para mesma região.

Nas regiões média posterior e posterior, *O. niloticus* obteve menor altura da vilosidade e na região anterior, *P. corruscans* obteve a menor largura da vilosidade. Nas regiões média posterior e posterior, *O. niloticus* apresentou menor altura da lamina própria, nas demais região não houve diferença entre os peixes. Nas regiões anterior, média anterior e posterior, o *P. corruscans* apresentou menor largura da lamina própria, na região médio posterior não diferiram os resultados (Tabela 4).

Tabela 4- Valores médios ($\pm$ epm) da vilosidade e lâmina própria de acordo com a região do intestino e espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.

Medidas morfométricas	Região	Espécies			
		<i>P. lineatus</i>	<i>P. mesopotamicus</i>	<i>P. corruscans</i>	<i>O. niloticus</i>
Altura da Vilosidade (μm)	Anterior	317,08 $\pm$ 44,29 ^a	382,68 $\pm$ 20,36 ^a	335,92 $\pm$ 26,01 ^a	306,22 $\pm$ 13,12 ^a
	Média Anterior	310,62 $\pm$ 42,44 ^a	376,92 $\pm$ 15,32 ^a	391,94 $\pm$ 40,68 ^a	283,22 $\pm$ 18,93 ^a
	Média Posterior	320,78 $\pm$ 44,66 ^{ab}	291,58 $\pm$ 34,92 ^{ab}	376,42 $\pm$ 8,91 ^a	222,36 $\pm$ 28,41 ^b
	Posterior	392,44 $\pm$ 61,5 ^a	305,80 $\pm$ 23,61 ^{ab}	386,42 $\pm$ 25,60 ^a	224,60 $\pm$ 21,60 ^b
Largura da Vilosidade (μm)	Anterior	139,80 $\pm$ 10,85 ^a	116,08 $\pm$ 4,00 ^{ab}	86,86 $\pm$ 4,21 ^b	127,46 $\pm$ 19,61 ^{ab}
	Média Anterior	140,66 $\pm$ 20,12 ^a	101,42 $\pm$ 8,08 ^a	91,24 $\pm$ 8,62 ^a	111,20 $\pm$ 18,43 ^a
	Média Posterior	121,04 $\pm$ 16,33 ^a	116,32 $\pm$ 21,13 ^a	87,20 $\pm$ 5,53 ^a	100,82 $\pm$ 3,35 ^a
	Posterior	135,94 $\pm$ 17,53 ^a	114,78 $\pm$ 18,85 ^a	82,32 $\pm$ 12,01 ^a	124,38 $\pm$ 7,12 ^a
Altura da Lâmina Própria (μm)	Anterior	277,80 $\pm$ 44,52 ^a	339,14 $\pm$ 16,87 ^a	259,98 $\pm$ 27,86 ^a	259,80 $\pm$ 12,46 ^a
	Média Anterior	266,72 $\pm$ 45,51 ^a	335,62 $\pm$ 13,31 ^a	323,18 $\pm$ 42,50 ^a	243,16 $\pm$ 16,77 ^a
	Média Posterior	279,78 $\pm$ 37,32 ^{ab}	246,02 $\pm$ 32,41 ^{ab}	297,90 $\pm$ 9,45 ^a	175,06 $\pm$ 22,83 ^b
	Posterior	341,68 $\pm$ 53,35 ^a	269,92 $\pm$ 24,60 ^{ab}	290,68 $\pm$ 20,60 ^{ab}	172,14 $\pm$ 19,65 ^b
Largura da Lâmina Própria (μm)	Anterior	65,42 $\pm$ 7,89 ^a	46,28 $\pm$ 5,68 ^{ab}	35,16 $\pm$ 5,09 ^b	47,68 $\pm$ 8,27 ^{ab}
	Média Anterior	60,84 $\pm$ 5,69 ^a	39,30 $\pm$ 2,64 ^{ab}	34,02 $\pm$ 2,75 ^b	44,20 $\pm$ 9,50 ^{ab}
	Média Posterior	58,26 $\pm$ 7,11 ^a	56,36 $\pm$ 14,42 ^a	31,48 $\pm$ 2,16 ^a	36,44 $\pm$ 2,70 ^a
	Posterior	65,46 $\pm$ 7,70 ^a	48,84 $\pm$ 7,95 ^{ab}	28,28 $\pm$ 3,88 ^b	48,88 $\pm$ 2,29 ^{ab}

Letras distintas entre colunas representam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre espécies para mesma região.

Análises de densidade celular

A densidade dos enterócitos não apresentou diferença significativa entre os peixes na região anterior, média anterior e média posterior. Na região posterior, *O. niloticus* apresentou resultado inferior ($P < 0,05$) significativamente que os demais (Tabela 5).

As células granulocíticas, na região anterior não se observou diferença entre os peixes. Nas regiões média anterior, média posterior e posterior, *P. lineatus* obteve resultados superiores ($P < 0,05$) que os demais peixes. Sendo que na região média posterior, *P. corruscans* e *P. lineatus* foram iguais significativamente.

As células agranulocíticas, na região anterior, média anterior e média posterior, *O. niloticus* apresentou resultado superior ($P < 0,05$) significativamente. Já o *P. corruscans* obteve menor quantidade dessas células se comparado com as demais espécies na região posterior.

As células caliciformes, na região anterior e média anterior, *O. niloticus* apresentou maior ($P<0,05$) quantidade dessas células que as demais espécies. Na região média posterior e posterior, o *P. corruscans* obteve resultado superior ($P<0,05$) significativamente. Na região posterior, a *O. niloticus* apresentou a menor quantidade de células caliciformes.

Na região anterior, média anterior e média posterior, o *P. mesopotamicus* apresentou maior ($P<0,05$) volume das células caliciformes em relação aos demais peixes. Já na região posterior, *P. corruscans* apresentou maior volume ($P<0,05$) celular (Tabela 5).

Tabela 5- Valores médios ($\pm$ epm) das medidas de densidade celular e volume de acordo com a região do intestino em espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares.

		Espécies			
		Região	<i>P. lineatus</i>	<i>P. mesopotamicus</i>	<i>P. corruscans</i>
Enterócitos (cél./mm ²)	Anterior	6.642,3 ±461,50 ^a	7.827,7 ±360,90 ^a	7.327,3 ±520,96 ^a	6.171,5 ±438,47 ^a
	Média Anterior	6.957,3 ±424,44 ^a	8.208,7 ±559,28 ^a	7.280,9 ±811,70 ^a	6.810,3 ±601,73 ^a
	Média Posterior	6.969,3 ±613,85 ^a	8.760,1 ±457,16 ^a	6.474,4 ±538,27 ^a	8.139,3 ±1.179,2 ^a
	Posterior	7.816,8 ±564,88 ^{ab}	10.534,3 ±711,14 ^a	6.225,1 ±354,16 ^{ab}	5.563,3 ±410,49 ^b
Granulócitos (cél./mm ²)	Anterior	588,5 ±68,60 ^a	457,3 ±92,69 ^a	724,5 ±106,36 ^a	411,1 ±92,71 ^a
	Média Anterior	1.145,0 ±138,19 ^a	232,9 ±43,49 ^b	392,1 ±72,14 ^b	195,7 ±68,01 ^b
	Média Posterior	837,6 ±134,44 ^a	249,9 ±34,91 ^b	725,0 ±144,91 ^a	163,3 ±50,46 ^b
	Posterior	1.077,6 ±129,48 ^a	238,4 ±68,97 ^b	390,1 ±58,63 ^b	187,0 ±34,52 ^b
Agranulócitos (cél./mm ²)	Anterior	3.722,1 ±372,43 ^b	3.534,2 ±279,46 ^b	3.843,1 ±265,19 ^b	6.764,5 ±372,43 ^a
	Média Anterior	5.946,1 ±496,85 ^{ab}	4.119,2 ±367,85 ^b	4.890,4 ±624,88 ^{ab}	6.792,5 ±601,34 ^a
	Média Posterior	5.047,2 ±452,58 ^{ab}	4.286,0 ±214,34 ^b	4.941,5 ±377,05 ^b	6.977,7 ±881,03 ^a
	Posterior	6.052,6 ±475,50 ^a	5.065,2 ±323,69 ^a	2.517,4 ±263,93 ^b	5.864,3 ±277,36 ^a
Células Caliciformes (cél./mm ²)	Anterior	208,8 ±28,27 ^b	314,1 ±50,75 ^{ab}	222,3 ±41,70 ^b	447,9 ±67,54 ^a
	Média Anterior	213,6 ±46,15 ^b	262,3 ±67,12 ^{ab}	328,8 ±67,54 ^{ab}	504,7 ±78,71 ^a
	Média Posterior	179,6 ±52,29 ^b	271,1 ±52,21 ^b	645,8 ±58,56 ^a	324,6 ±74,44 ^b
	Posterior	376,5 ±73,62 ^{ab}	332,4 ±93,00 ^{ab}	595,0 ±59,78 ^a	160,9 ±63,91 ^b
Volume célula caliciforme (µm ³)	Anterior	485,96 ±28,03 ^b	922,37 ±101,02 ^a	638,20 ±34,00 ^b	673,04 ±46,56 ^b
	Média Anterior	477,26 ±24,69 ^b	1226,94 ±125,05 ^a	860,65 ±53,35 ^b	506,16 ±32,96 ^b
	Média Posterior	270,12 ±20,69 ^b	836,69 ±83,06 ^a	437,50 ±27,88 ^b	380,70 ±27,13 ^b
	Posterior	236,50 ±17,31 ^b	318,84 ±12,52 ^b	813,09 ±61,11 ^a	298,14 ±15,38 ^b

Letras distintas entre colunas representam diferenças significativas ($P<0,05$) entre espécies para mesma região.

Discussão

As diferenças no peso corporal das espécies estão relacionadas com a fase de desenvolvimento de cada peixe, todos os animais utilizados no experimento eram juvenis. O comprimento padrão dos animais apresentaram variações, mas não foram diferentes significativamente, essas variações no comprimento dos peixes se dá ao fato de existir diferenças conforme o hábito alimentar e as características anatômicas de cada espécie.

Nos peixes, o comprimento do intestino está diretamente relacionado com o tempo de passagem do alimento (GONÇALVES et al., 2013). O peso e comprimento do intestino dos peixes apresentaram diferenças que estão relacionadas ao hábito alimentar e características do alimento ingerido. Segundo BALDISSEROTTO (2009) os peixes apresentam diversas adaptações do sistema digestório, para ingerir, digerir e absorver os diferentes tipos de alimentos. Os peixes herbívoros têm intestinos mais longos que os carnívoros, enquanto as principais características do trato digestório de peixes carnívoros são estômago grande e intestino relativamente curto (KAPOOR et al., 1975; RODRIGUES et al., 2008). Os intestinos de peixes com o hábito detritívoro apresentam características como comprimento e distribuição das células semelhantes ao do peixe de hábito herbívoro. As variações no comprimento do intestino podem ser compensadas por variações na área da mucosa intestinal e pela variabilidade de tipos celulares encontrada no epitélio dessa mucosa (BORGES et al. 2010).

Segundo WARD CAMPBELL et al., (2005) o quociente intestinal varia entre 1 e 3 nas espécies onívoras e acima de 3 encontrado em espécies herbívoras ou detritívoras. Os valores do quociente intestinal observados para estas espécies estão dentro do esperado para os onívoros, carnívoros, detritívoro e herbívoro. No entanto, esta classificação não pode ser utilizada exclusivamente para se avaliar o hábito alimentar de uma espécie, sendo apenas um estudo complementar em ecologia trófica de peixes. Este parâmetro além de variar conforme o hábito alimentar, sendo maior em detritívoros e herbívoros e em menor, onívoros e carnívoros, pode ainda variar conforme a dieta da espécie, aumentando em períodos de maior atividade alimentar ou até mesmo em função do consumo de alimentos de menor valor nutricional ou de difícil digestão (DRAKE et al., 1984; ZAVALA-CAMIN, 1996).

A distribuição dos órgãos do trato digestivo, segundo SEIXAS FILHO et al., (2001), está relacionada com a forma da cavidade peritoneal e com a forma do corpo de cada espécie. O intestino é comumente dividido em intestino anterior, intestino médio e intestino posterior. (HIBIYA, 1982; RODRIGUES et al., 2008). No presente estudo dividimos o intestino em: intestino anterior, médio anterior, médio posterior e posterior. As 4 espécies estudadas

caracterizam-se por apresentar quatro camadas no intestino: a mucosa, a submucosa, a muscular e a serosa.

Com relação à espessura da camada muscular externa e interna, no presente estudo, *P. corruscans* se destacou nos resultados, sendo superior significativamente que as demais espécies, isso se deve ao fato da espessura da camada muscular nos peixes estar associada com o segmento intestinal, espécie, hábito alimentar, e concentração de proteína ofertada na dieta (MAKINO, 2010). Já o *P. lineatus* apresentou os menores resultados de espessura das camadas, a camada da mucosa teve espessura mais desenvolvida em relação as outras camadas e verificou-se que aumenta gradativamente a espessura da camada da mucosa ao decorrer das regiões o que também foi encontrado em estudo com *P. lineatus* por MORAES et al (1997), que concluíram que a mucosa bem desenvolvida e elaborada está ligada com a função de absorção de nutrientes.

A mucosa intestinal está relacionada com os processos fisiológicos de digestão e absorção, e as regiões com maior concentração de pregas complexas estão envolvidas nos processos de absorção, devido ao aumento da área efetiva para absorção de nutrientes. (TAKASHIMA e HIBIYA, 1995). Na análise morfométrica da altura de vilosidade do presente estudo, *P. corruscans* apresentou-se superior e *O. niloticus* inferior significativamente nas regiões média posterior e posterior do intestino, em relação as demais espécies. As diferenças na altura das vilosidades na região distal do intestino podem ser atribuídas à estratégia de melhorar a absorção dos nutrientes nos peixes carnívoros por exemplo por terem o intestino relativamente curto em relação as espécies herbívoras. KHANNA e MEHROTRA (1971), relataram que a maior complexidade das vilosidades intestinais pode ser encontrada em espécies carnívoras. A complexidades das vilosidades do intestino é descrita como crescente, segundo MENIN, 1988, entre os seguintes hábitos alimentares: onívoro, carnívoro, herbívoro e iliófago. HONORATO et al., (2011) demonstraram correlação positiva entre altura da vilosidade intestinal da *O. niloticus*, e o nível de proteína ofertado na dieta. RODRIGUES et al. (2012) abordaram que no intestino do *A. gigas*, popularmente conhecido como pirarucu, peixe de hábito alimentar carnívoro, na porção mais proximal as vilosidades são mais altas que na região distal.

No epitélio de revestimento do intestino das 4 espécies de peixes estudada apresentou-se composto principalmente por enterócitos e células caliciformes. Os enterócitos, tipo celular dominante no epitélio intestinal, são as células responsáveis por realizar a digestão final e absorção de nutrientes, apresentando microvilosidades na membrana apical que constituem a borda em escova (WILSON e CASTRO, 2010; HIBIYA, 1982). As microvilosidades aumentam a superfície digestiva do intestino e de transporte dos enterócitos, sendo assim a base

807 estrutural dos processos digestivos (KUPERMAN e KUS'MINA, 1994). O núcleo está
808 localizado na região central ou ligeiramente basal da célula, e sua estrutura é relativamente
809 constante ao longo do intestino (NOAILLAC-DEPEYRE e GAS, 1976). No presente estudo a
810 densidade dos enterócitos foi constante ao longo do intestino das espécies estudada, na região
811 posterior do intestino, *P. mesopotamicus* apresentou maior concentração em relação com *O.*
812 *niloticus* sendo diferentes significativamente. Isso se deve ao fato de haver diferenças na
813 espessura e largura das vilosidades entre as espécies e ao decorrer do intestino.

814 A ocorrência de células caliciformes é uma característica comum do trato digestivo dos
815 peixes. A digestão intestinal depende da secreção de substâncias glicoproteicas das células
816 caliciformes (KOPOOR et al., 1975). As diferentes condições de alimentações e a proteção
817 contra atividade bacteriana está relacionada com a presença das células caliciformes no
818 intestino dos peixes (TIBBETTS, 1997). Nos resultados da densidade das células caliciformes,
819 *P. corruscans*, obteve elevada concentração dessas células ao longo do intestino, aumentado
820 em direção do último segmento do intestino, semelhante ao que foi encontrado por
821 RODRIGUES et al. (2012) em estudo com *A. gigas*, peixe carnívoro, observaram o aumento
822 dessas células em direção ao segmento distal. O maior número de células caliciformes na região
823 distal do intestino pode implicar na necessidade de aumento de proteção para a mucosa e sua
824 lubrificação para a expulsão do bolo fecal (GRAU et al., 1992; MURRAY et al., 1996).

825 Já *O. niloticus*, espécie herbívora, no presente estudo obteve maior concentração das
826 células caliciformes na região anterior e média anterior, diminuindo a quantidade no segmento
827 médio posterior e posterior. MELLO et al. (2013) estudaram os efeitos da alimentação com
828 probióticos em juvenis de *O. niloticus*, na contagem do número de células caliciformes
829 apresentou diferença significativa entre os tratamentos, nos peixes que receberam o probiótico
830 o número de células caliciformes foi maior que o observado no grupo controle. FERRARI et
831 al., (2006) realizou um estudo comparando a histologia do intestino da *O. niloticus* e *P. scrofa*,
832 tilápia e curimbatá respectivamente e observaram um maior número de células caliciformes no
833 intestino da tilápia, peixe de hábito herbívoro em relação ao peixe de hábito detritívoro. No
834 presente estudo a tilápia apresentou resultados semelhantes, maior número de células
835 caliciformes em comparação com a curimbá, peixe detritívoro.

836 Os dados de densidade celular dos agranulócitos encontrados no estudo foram
837 expressivos. Essas células provavelmente têm função regulatória, suprimindo a resposta do
838 sistema imune para antígenos intestinais e induzindo simultaneamente uma resposta imune
839 (PABST, 1987). Nas regiões anterior, média anterior e média posterior, *O. niloticus* apresentou
840 resultado significativamente superior, o grande número de agranulócitos na mucosa intestinal
841 de peixes sugere a existência de um sistema imune local, o mucoso (ROMBOUT et al., 1989).

Conclusão

A dieta afeta a densidade celular na mucosa intestinal e nas medidas morfológicas do intestino. As variações observadas nas populações de células, especialmente nos granulócitos e agranulócitos, sugerem que as distintas regiões intestinais estudadas apresentam diferenças quanto a função imune e, portanto, possivelmente respondem de forma diferente quando estimuladas. Já as variações observadas na espessura das camadas do intestino e na altura da vilosidade, sugerem que as regiões intestinais estudadas apresentam diferenças que são importantes para o conhecimento e correta divisão do órgão.

O conhecimento da morfologia do intestino das diferentes espécies estudadas se torna importante para futuras pesquisas envolvendo as regiões do intestino, a morfometria das camadas e vilosidades do intestino e a densidade celular das diferentes regiões intestinais.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro para a realização do estudo, a equipe do Laboratório de Patologia Experimental (LAPEX) pelo auxílio durante as atividades experimentais, e estação experimental de piscicultura da UFMS pelo fornecimento dos peixes.

Referências Bibliográficas

- BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Ed. UFSM. 350p. 2009.
- BECKER, A. G., GONÇALVES, J. F.; GARCIA, L. O. Morphometric parameters comparisons of the digestive tract of four teleost with different feeding habits. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, p. 862-866, 2010.
- BORGES, A.; SCOTTI, L. V.; SIQUEIRA, D. R.; ZANINI, R.; AMARAL, F.; JURINITZ, D. F.; WASSERMANN, G. F. Changes in hematological and serum biochemical values in jundiá *Rhamdia quelen* due to sub-lethal toxicity of cypermethrin. *Chemosphere*, Oxford, v. 69, n. 6, p. 920–926, Oct. 2010.
- BOYD, C. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama: Birmingham Publising, 482p, 1990.
- CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: Funep. 189p. 1992.
- DRAKE, P.; ARIAS, A.M.; GALLEGU, L. Biología de los Mugilídeos (*Osteichthyes*, *Mugillidae*) em los enterros de las salinas de San Fernando (Cádiz). III. Hábitos alimentares e

- 883 relacion com la morfometria del aparato digestivo. Investigación Pesquera, 48(2): 337-367,
884 1984.
- 885
- 886 FABREGAT, T.E.H.P.; PEREIRA, T.S.; BOSCOLO, C.N. ALVARADO, J.D.;
887 FERNANDES, J.B.K. Substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para
888 juvenis de curimba. Bol Inst Pesc, 37: 289-294. 2011.
- 889
- 890 FERRARI, E. F., AQUINO, S, M. R., COGO, J. C. Estudo histológico do intestino
891 *Oreochromis niloticus* E *Prochilodus scrofa*: dois peixes de hábitos alimentares diferentes.
892 2006.
- 893
- 894 GRAU, A.; CRESPO, S.; SARAQUESTE, M. C.; GONZÁLEZ CANALES, M. L. The
895 digestive tract of the amberjack *Seriola dumerili*, Risso: a light and scanning electron
896 microscope study. J. Fish. Biol., London, v. 41, p. 287-303, 1992.
- 897
- 898 GONÇALVES, A. A. Tecnologia do Pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São
899 Paulo: Editora Atheneu, 608p. 2013.
- 900
- 901 HELFMAN, G. S., COLLETTE, B. B.; FACEY, D. E.; BOWEN, B. W. The diversity of fishes-
902 Biology, Evolution, and Ecology. USA: Wiley-Blackell, 2009.
- 903
- 904 HONORATO, C.A., ASSANO, M., CRUZ, C., CARNEIRO, D.J. & MACHADO, M. R. F.
905 Histologia do intestino de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo diferentes fontes de
906 proteína. Nucleus Animalium 5(1):85-92, 2011.
- 907
- 908 HIBIYA, T. An Atlas of Fish Histology: Normal and Pathological Features. Tokyo: Kodansha
909 Ltd., 147pp, 1982.
- 910
- 911 KHANNA, S. S.; MEHROTRA, B. K. Morphology and Histology of the Teleostean Intestine.
912 Anatomischer Anzeiger 129: 1-18, 1971.
- 913
- 914 KILDEA, M.A.; ALLAN, G.L.; Kearney, R.E. Accumulation and clearance of the anesthetics
915 clove oil and Aquí-STM from the edible tissue of silver perch (*Bidyanus bikyanus*).
916 Aquaculture, v.232, p.265-277, 2004.
- 917
- 918 KOPOOR, B. G.; SMITH, H.; VERIGHINA, I. A. The alimentary canal and digestion in
919 teleostets. Advanced Marine Biology, v. 13, p. 109-139, 1975.
- 920
- 921 KRAMER, D. L.; BRYANT, M. J. Intestine length in the fishes of a tropical stream:
922 Relationships to diet – the long and short of a convoluted issue. Environmental Biology of
923 Fishes, v. 42, p. 129-141, 1995.
- 924
- 925 KUPERMAN, B. I.; KUZ'MINA, V. V. The ultrastructure of the intestinal ephitelium in fishes
926 with different types of feeding. J. Fish Biol., London, v. 44, n. 2, p. 181-193, 1994.
- 927
- 928 LIMA, F. W. Colonização e morfometria intestinal de lambaris-do-rabo-amarelo *Astyanax*
929 *altiparanae* alimentados com dietas contendo levedura *Saccharomyces cerevisiae* como
probiótico, 2014.
- 930
- 931 MAKINO L. C. Estrutura, Ultraestrutura e Histoquímica do Aparelho Digestório do
Prochilodus lineatus. Análise da Diversidade da Microbiota Intestinal de *Prochilodus lineatus*

- 932 e *Pterygoplichthys anisitsi*. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista Centro de
933 Aquicultura da UNESP – CAUNESP, 92p. 2010.
- 934 MELLO, H., MORAES, J. R. E., NILZA, I. G., MORAES, F. R., OZORIO, R. O. A. Beneficial
935 effects of probiotics on the intestine of juvenile Nile tilapia. 2013.
- 936 MENIN, E. Anatomia e histologia funcional comparativa do aparelho digestório de seis
937 Teleosteo de água doce. São Paulo, SP: USP. 557p. Tese (Doutorado em Anátomofisiologia) -
938 Universidade de São Paulo, 1988.
- 939 MPA Ministério da Pesca e Aquicultura
940 <http://www.mpa.gov.br/#aquicultura/informacoes/producao>; acesso 27 de abril de 2017.
- 941 MONTENEGRO, L. A.; DAMASCENO, D. N. F.; ALMEIDA, R. G.; CHELLAPPA, S.
942 Biologia alimentar do *Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795) no açude Marechal Dutra
943 localizado no semiárido brasileiro. Biota Amazônia, v. 1, p. 52-60, 2011.
- 944 MORAES, M.F.P.G., BARBOLA, I.F., GUEDES, E.A.C. Alimentação e relações
945 morfológicas com o aparelho digestório do “curimbatá”, *Prochilodus lineatus*, de uma lagoa do
946 sul do Brasil. R. Bras. Zoologia, 14:169-180, 1997.
- 947 MURRAY, H. M.; WRIGHT, G. M.; GOFF, G. P. A comparative histological and
948 histochemical study of the post-gastric alimentary canal from three species of pleuronectid, the
949 Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder. J. Fish Biol., London, v. 48,
950 p. 187-206, 1996.
- 951 NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Electron microscopic study on the gut epithelium of the
952 tench (*Tinca tinca* L.) with respect to its absorptive functions. Tissue Cell, Edinburgh, v. 8, n.
953 3, p. 511-530, 1976.
- 954 OSTASZEWSKA, T. et al. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow
955 trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement
956 with soybean proteins. Aquaculture, v.245, p.273-286, 2004.
- 957 PABST, R. The anatomical basis for the immune function of the gut. Anat. Embryol., 176:135-
958 44, 1987.
- 959 RASKOVIC, B. S. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and
960 intestine of fish. Journal of Agricultural Sciences, Belgrade, v. 56, n. 1, p. 87-100, 2011.
- 961 ROMBOUT, J. H. W. M.; BOT, H. M. TAVERNE-THIELE, J. J. Immunological importance
962 of the second gut segment of carp: characterization of mucosal leucocytes. J. Fish Biol.,
963 London, v. 35, p. 167-178, 1989.
- 964 RODRIGUES, A. P. O. MACIEL, P. O. GANECO, L. N. IWASHITA, M. K. P. MORON, S.
965 E. Histomorfologia funcional do intestino do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829). 2012.
- 966 RODRIGUES, P. PAULETTI, L. KINDLEIN, J.E.P. CYRINO, E.F. DELGADO; R.
967 MACHADO-NETO, Intestinal morphology and histology of the striped catfish
968 *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) fed dry diets, Aquaculture Nutrition, 15, 6, (559-
969 563), 2008.
- 970 RODRIGUES, S. S.; MENIN, E. Adaptações anatômicas da cavidade buco faringiana de
971 *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix e Agassiz, 1829) (Siluriformes, Pimelodidae) em relação
972 ao seu hábito alimentar. Revista Ceres, 53(305): 135 – 146. 2010.

- 973 SANTOS, G.C. E ZUCOLOTO, S. Células endócrinas gastrointestinais: breve histórico e
 974 principais métodos de identificação a microscopia óptica. Arq. Gastroenterol. v.33, n.1: p.36-
 975 44, 1999.
- 976
- 977 SEIXAS FILHO, J. T., BRAS, J. M., GOMIDE, A. T. M. et al. Functional Anatomy and
 978 Morphometry of the Intestine of Fresh Water Teleoste (Pisces) Surubim (*Pseudoplatystoma*
 979 *coruscans* - Agassiz, 1829). Rev. Bras. Zootec., v.30, n.6, p.1670-1680, Nov./Dec, 2001.
- 980
- 981 SILVA, N. B.; GURGEL, H. C. B.; SANTANA, M. D.; SILVA, N. M. Histologia do sistema
 982 digestório de *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), do rio
 983 Ceará Mirim, Umari distrito de Taipu, Rio Grande do Norte. Boletim do Instituto de Pesca, São
 984 Paulo, v. 31, n.1, p. 1-8, 2005.
- 985
- 986 SONG, Z.; LI, H.; WANG, J. et al. Effects of fishmeal replacement with soy protein
 987 hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle
 988 composition of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). Aquaculture, v. 426–427, p. 96–
 989 104, 2014.
- 990 TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T. An atlas of fish histology: normal and pathological features. 2.
 991 ed. Tokyo: Kondansha Ltda, 195 p. 1995.
- 992 TIBBETTS, I. R. The distribution and function of mucous cell and their secretions in the
 993 alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis krefftii*. Journal of Fish Biology, v. 50, n. 4, p. 809
 994 820, 1997.
- 995 URBINATI, E.C.; GONÇALVES, F.D. Pacu, (*Piaractus mesopotamicus*), In:
 996 BALDISSEROTO, B. e GOMES, L.C (Org.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil,
 997 Santa Maria – RS, ed. UFSM, 225-255p, 2005.
- 998 ZAVALA-CAMIN, L.A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes.
 999 Maringá: EDUEM, 129p, 1996.
- 1000 WARD CAMPBELL, B.M.S. et al. Morphological characteristics in relation to diet in five
 1001 coexisting Thai fish species. Journal of Fish Biology, v.67, n.5, p.1266-1279, 2005.
- 1002
- 1003 WILSON, J. M., CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in
 1004 fishes. In: Grosell M, Farrell AP, Brauner CJ, editors. Fish Physiology vol 30. New York, NY,
 1005 USA: Academic Press, pp. 1-55, 2010.
- 1006
- 1007 WOOTTON, R.J. Ecology of Teleost Fishes. New York, Chapman and Hall, 404p. 1990.
- 1008
- 1009
- 1010
- 1011
- 1012
- 1013
- 1014

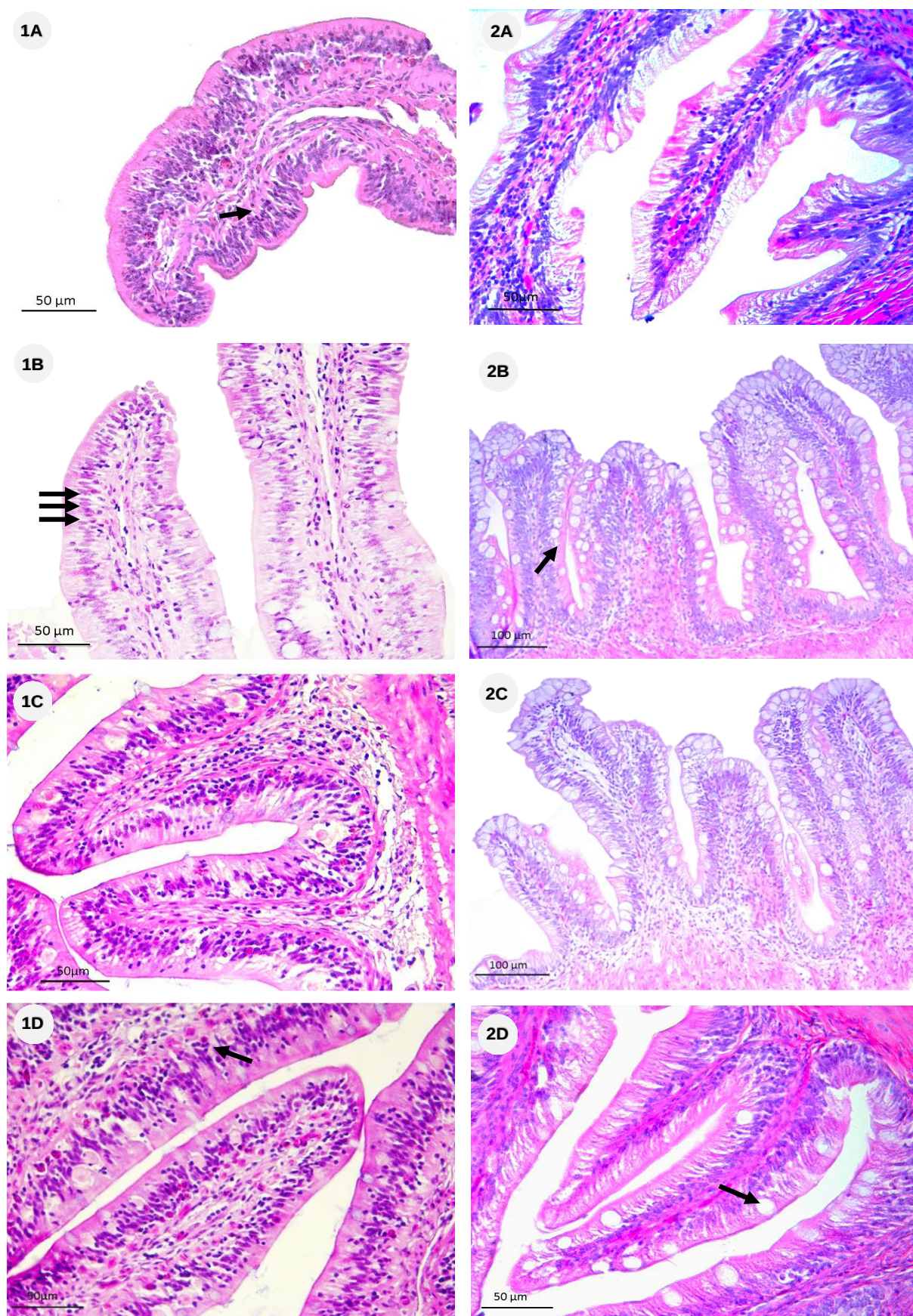


Figura 3. Secções histológicas do intestino de *Prochilodus lineatus* (1) e *Pseudoplatystoma corruscans* (2). 1A e 2A - região anterior do intestino. 1B e 2B - região média anterior do intestino. 1C e 2C - região média posterior do intestino. 1D e 2D - região posterior do intestino. Nas imagens 1A e 1D as setas mostram as células granulocíticas presentes no intestino da *Prochilodus lineatus*. Os enterócitos estão representados na imagem 1B (seta). Nas imagens 2B e 2D as setas indicam as células caliciformes presentes no intestino do *Pseudoplatystoma corruscans*.

1015
1016
1017
1018

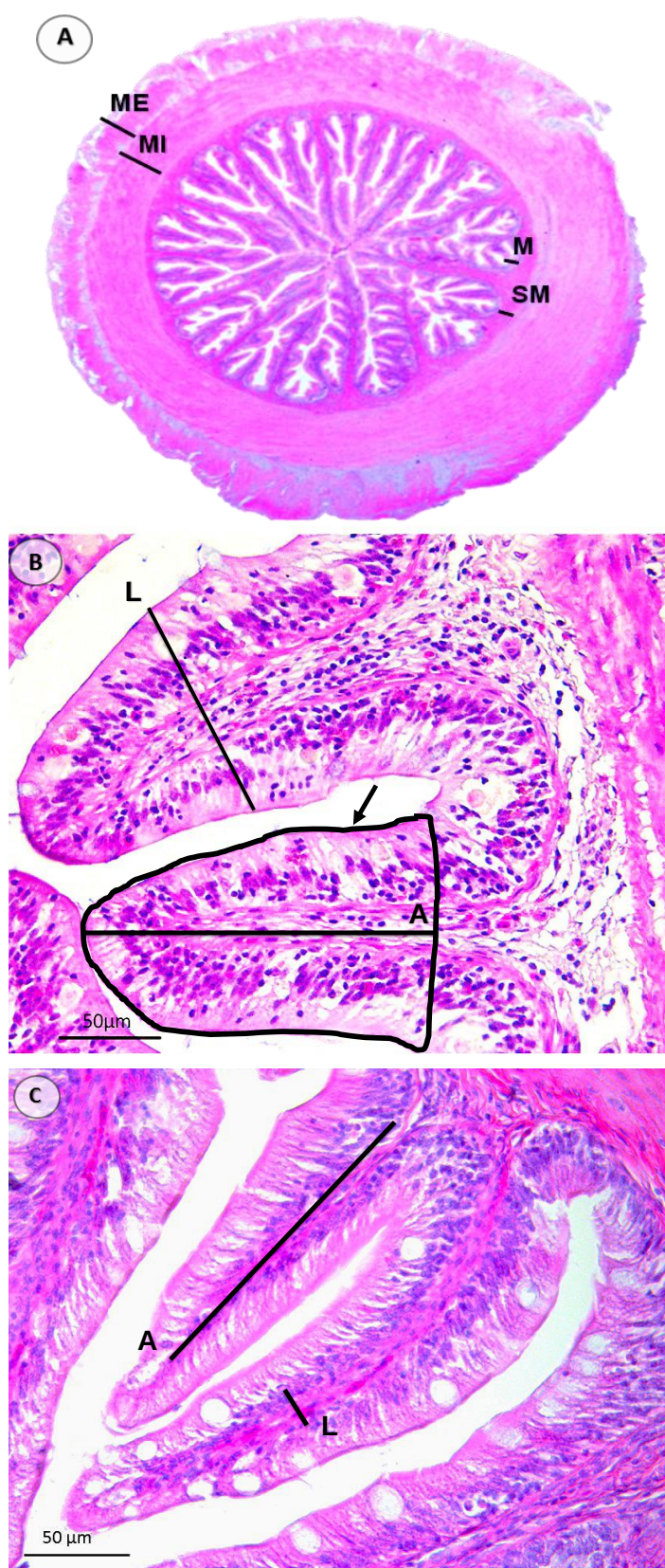


Figura 4. Secções histológicas do intestino de *Pseudoplatystoma corruscans* (A), *Piaractus mesopotamicus* (B), *Prochilodus lineatus* (C). Imagem A - Corte transversal do intestino com respectivas camadas: Camada muscular externa (ME); camada muscular interna (MI); camada submucosa (SM) e camada mucosa (M). (2,5x) H&E. Imagem B - As retas indicam as medidas lineares da altura da vilosidade (A) e largura da vilosidade (L). A seta indica a área da vilosidade. Região anterior, PAS. Imagem C - As retas indicam as medidas lineares da altura da lâmina própria (A) e largura da lamina própria (L). Região média anterior, H&E.