

## ASPECTOS ANÁTOMO-HISTOLÓGICOS E NEUROENDÓCRINOS DO CECO DA CAPIVARA *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia)

Michelle Soares Bressan  
Cláudio César Fonseca  
Eliane Menin  
Tarcízio Antônio Rego de Paula

BRESSAN<sup>1</sup>, M.S.; FONSECA<sup>2</sup>, C.C.; MENIN<sup>3</sup>, E.; PAULA<sup>4</sup>, T.A.R. ASPECTOS ANÁTOMO-HISTOLÓGICOS E NEUROENDÓCRINOS DO CECO DA CAPIVARA *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia). *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 8(2): p. 197-203, 2005.

**RESUMO:** A capivara, um roedor herbívoro de estômago simples, vem despontando-se no mercado de carnes por ter um excelente desempenho zootécnico. Sua carne é apreciada; apresenta elevado potencial reprodutivo e manifesta eficiente aproveitamento dos alimentos. Ele, provavelmente, seja consequência da realização da cecotrofia, que faz do ceco, importante órgão na fisiologia digestiva desse animal, proporcionando maior aproveitamento do alimento. Na capivara, o ceco é bastante volumoso, saculado, ocupando grande parte da cavidade abdominal, e microscopicamente apresenta numerosos gânglios nervosos e células endócrinas.

**PALAVRAS-CHAVE:** histologia, células endócrinas, gânglios nervosos, ceco, capivara

### ANATOMICAL, HISTOLOGICAL AND NEURON ENDOCRINE ASPECTS OF THE CECUM OF CAPYBARA *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia)

BRESSAN<sup>1</sup>, M.S.; FONSECA<sup>2</sup>, C.C.; MENIN<sup>3</sup>, E.; PAULA<sup>4</sup>, T.A.R. Anatomical, histological and neuron endocrine aspects of the cecum of capybara *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia). *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 8(2): p. 197-203, 2005.

**ABSTRACT:** The capybara, a simple stomach herbivorous rodent, has been pointed out in the market of meats for having an excellent zootechnical performance. Its meat is appreciated, and presents high reproductive potential and manifests efficient food usage. The last item is probably a consequence of the cecotrophagy operation, which makes the cecum, an important organ in the digestive physiology of such animal, providing larger food usage. This organ in the capybara is quite voluminous, sacciform, occupying great part of the abdominal cavity and it presents microscopically numerous nervous ganglions and endocrine cells.

**KEY WORDS:** histology, endocrine cells, nervous ganglia, cecum, capybara

### ASPECTOS ANATÓMICOS, HISTOLÓGICOS Y NEUROENDOCRINOS DEL INTESTINO GRUESO (CECO) EN EL CARPINCHO *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia)

BRESSAN<sup>1</sup>, M.S.; FONSECA<sup>2</sup>, C.C.; MENIN<sup>3</sup>, E.; PAULA<sup>4</sup>, T.A.R. Aspectos anatómicos, histológicos y neuroendocrinos del intestino grueso (Ceco) en el carpincho *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia). *Arq. ciên. vet. zool. UNIPAR*, 8(2): p. 197-203, 2005.

**RESUMEN:** El carpincho, un roedor herbívoro de estómago simples, ha estado en el mercado de las carnes por tener un excelente desarrollo zootécnico. Su carne es apreciada, presenta elevado potencial reproductor y aprovecha de forma eficaz su alimentación. Probablemente esto sea una consecuencia de la cecotrofia, que hace del intestino grueso (ceco) un importante órgano de la fisiología digestiva de este animal, el cual proporciona un mayor aprovechamiento del alimento. Este órgano en el carpincho se encuentra con gran volumen, en forma de bolsa, ocupando gran parte de la cavidad abdominal y microscopicamente presenta muchos gânglios nerviosos y células endócrinas.

**PALABRAS-CLAVE:** histología, células endócrinas, gânglios nerviosos, intestino grueso(ceco), carpincho.

#### Introdução

A capivara, o maior roedor conhecido, pertence

a família Hydrochaeridae, que inclui apenas uma espécie no Brasil, *Hydrochoerus hydrochaeris*. É um animal semi-aquático e essencialmente herbívoro, chegando a ingerir

<sup>1</sup>Médica Veterinária – Mestre em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa. DVT/UFV

<sup>2</sup>Prof. Adjunto IV do Departamento de Veterinária – UFV. Av. P.H. Rolfs s/n, 36571-000, Viçosa, MG, Brasil. fonseca@ufv.br

<sup>3</sup>Prof. Adjunto IV do Departamento de Biologia Animal – UFV

<sup>4</sup>Prof. Adjunto II do Departamento de Veterinária - UFV

de 3 a 4 kg de vegetação fresca ou aquática diariamente, digerindo mais da metade da matéria orgânica, inclusive fibras (DEUTSCH & PUGLIA, 1988). ANDRADE *et al.* (1996) comprovaram que a capivara é a espécie de animal silvestre nativa que atualmente apresenta o maior potencial zootécnico para produção de carne e couro.

É um roedor herbívoro de estômago simples que realiza fermentação cecal, vive em grupos sociais bem estruturados e apresenta-se altamente eficiente no aproveitamento dos alimentos, tendo capacidade digestiva similar ou superior a de coelhos e ovinos, tanto com volumoso quanto concentrados (ANDRADE *et al.*, 1996). O aparelho digestório da capivara reflete sua alimentação natural, sendo bem desenvolvido, particularmente o ceco, que, segundo MENDES *et al.* (2000), representa 74% de todo o tubo digestivo. Esses autores também afirmaram que as capivaras se alimentam preferencial e principalmente de pasto, que é digerido por meio de processo fermentativo, realizado por microorganismos celulolíticos (bactérias e protozoários) que se alojam no ceco.

O objetivo desta revisão é discutir os aspectos anátomo-histológicos e neuroendócrinos do tubo digestivo de mamíferos, na tentativa de estabelecer uma inferência desses aspectos morfológicos em relação aos das capivaras, a ser descritos ulteriormente. Tal propósito se pauta na busca de conhecimentos que propiciem melhor entendimento dos aspectos reguladores morfofisiológicos dos processos que ocorrem no ceco dessa espécie, relacionados com a degradação e aproveitamento dos altos teores de celulose ingeridos na dieta.

### Revisão de Literatura

#### Aspectos zoológicos e ecológicos da capivara

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), pertence à família Hydrochaeridae, da ordem Rodentia (FUERBRINGER *et al.*, 1987). De acordo com FERRAZ & VERDADE (2001), esses animais encontram-se amplamente distribuídos dentro da região neotropical, desde matas ciliares até savanas sazonalmente inundáveis, são animais normalmente diurnos, com pico de atividades concentrado nos períodos vespertino e crepuscular, e os grupos sociais são de tamanhos variáveis, dependendo do tipo de ambiente. DEUTSCH & PUGLIA (1988), citaram que a capivara atinge maturidade sexual entre 15 e 24 meses de vida, quando o animal pesa entre 30 e 40 kg, dependendo da época em que nasce e das características de seu hábitat. Em cativeiro, esse período de maturação costuma ser mais curto. Embora possam cruzar o ano todo, foi observado que os acasalamentos tendem a ser intensos no início do ano, principalmente nos primeiros dias de janeiro DEUTSCH & PUGLIA (1988). COSTA *et al.* (2002) afirmaram que a diferenciação sexual em capivaras só é possível em animais adultos, graças à presença da glândula nasal na face do macho, visto que as genitálias masculina e feminina são extremamente semelhantes externamente, apresentando uma prega cutânea denominada de saco paranal.

Durante a estação seca, as capivaras se alimentam de forragem, da mesma forma que o gado, provavelmente devido à baixa disponibilidade de pasto. Plantas aquáticas e alguns

arbustos das matas, como o joá e ataléia, além do gravatá (bromeliácea), são consumidas em pequena quantidade, talvez como elementos para balancear as necessidades nutricionais das capivaras, ou em locais de menor disponibilidade de pasto (MOREIRA, 1995). ANDRADE *et al.* (1996) afirmaram que a capivara é extremamente seletiva na escolha dos vegetais que consome, provavelmente para manter o equilíbrio protéico e possivelmente utiliza mecanismo semelhante à cecotrofia em coelhos. CUNHA (2000), descreve que a cecotrofia é um processo particular da coprofagia, sendo observada nos herbívoros como consequência da adaptação do processo digestivo de animais de pequeno porte submetidos a condições alimentares particularmente difíceis. Trata-se de um fenômeno digestivo mais complexo do que a simples ingestão de fezes: os animais que realizam tal processo produzem dois tipos de fezes – as duras e as moles – ingerindo apenas as últimas, as quais, por terem uma composição química muito semelhante à do conteúdo do ceco, têm sido denominadas cecotrofos (EDEN, 1940), e o fenômeno, cecotrofia.

#### Aspectos anátomo-fisiológicos do ceco de mamíferos

A ordem Rodentia apresenta uma grande variedade de formas de ceco encontradas nas diferentes espécies de roedores, além da capivara. O arganaz (*Microtus agrestis*), roedor da subfamília “Microtinae”, possui ceco muito volumoso, saculado e com pregas espiraladas. É um animal de hábitos alimentares herbívoros, caracterizado por alto conteúdo de celulose na sua alimentação, o que requer intensa atividade microbiana no ceco.

Animais puramente herbívoros possuem ceco grande e diferenciado, entretanto um importante exemplo de exceção é o panda, que, embora seja estritamente herbívoro, carece de ceco (SNIPES, 1979).

MOREIRA (1995) afirmou que a capivara apresenta o ceco bastante desenvolvido, estimado em 3/4 do volume total do aparelho digestório, ocupando, no arganaz *M. agrestis*, outro roedor de ceco desenvolvido, a maior parte da porção média ventral do abdômen (SNIPES, 1979). Em coelhos, lagomorfos herbívoros de estômago simples, o intestino grosso inicia-se pelo ceco, órgão muito desenvolvido, com 40 cm de comprimento, representando cerca de 40% do tubo digestivo (CUNHA, 2000).

Na capivara, conforme descreveram MENDES *et al.* (2000), o ceco parece participar de processos importantes na digestão e absorção de nutrientes: (a) cecotrofia – a ingestão do conteúdo cecal após a fermentação durante uma repetição de digestão enzimática (no estômago) e absorção no duodeno, jejuno e íleo; (b) autólise – digestão e absorção de proteína microbiana no intestino grosso.

O processo da digestão microbiana dos vegetais ingeridos pela capivara, conforme MENDES *et al.* (2000), ocorre no ceco, em que o pH fica em torno de  $6,03 \pm 0,29$ , fornecendo um ambiente favorável para a fermentação microbiana de carboidratos estruturais, como a celulose e hemicelulose, liberando ácidos graxos voláteis, que são fonte de energia para o hospedeiro. ARGENZIO *et al.* (1988) afirmaram que o intestino grosso do equino e o do suíno formam uma estrutura capacitada para a digestão da celulose por enzimas microbianas. O cavalo, em sua dieta normal,

recebe a maior parte de sua energia pelo intestino grosso, isso porque a digestão enzimática não degrada a celulose, e, assim, somente a digestão efetuada pelos microorganismos do ceco e cólon lhe conferem energia proveniente de fibras.

O aparelho digestório no animal recém-nascido é relativamente destituído de microorganismos, mas eles são rapidamente adquiridos após o nascimento e logo desenvolvem uma população característica. Em animais herbívoros, os alimentos são desdobrados no aparelho digestório, assim que ocorre o crescimento e evolução dos microorganismos (ARGENZIO *et al.*, 1988).

O ceco do arganaz, como o do coelho, é bastante desenvolvido, apresentando diferenciações na túnica mucosa que, provavelmente, estejam correlacionadas com a especialização funcional desse órgão no processo de fermentação, associado com o hábito alimentar herbívoro (SNIPES, 1979).

O coelho, à semelhança da capivara, é um animal de estômago simples, herbívoro, adaptado à ingestão de alimentos ricos em fibra. As características da sua fisiologia digestiva, em particular, a prática da cecotrofia, com a rápida evacuação das partículas de maiores dimensões, menos digeríveis e a retenção das menores de maior digestibilidade, permitem-lhe tirar proveito dos alimentos disponíveis em seu habitat natural (CUNHA, 2000). MENDES *et al.* (2000) certificaram que esses animais, seletivamente, retêm mais as menores partículas digeríveis, que são excretadas após a fermentação microbiana e são denominadas de fezes noturnas ou cecotrofos. Esse material é totalmente reingerido diretamente do ânus. Este comportamento pode ser uma adaptação fisiológica por necessidades nutricionais que a simples digestão do alimento não lhe oferece. MENDES *et al.* (2000) observaram em seu estudo com 6 capivaras fêmeas adultas criadas em cativeiro que a prática de cecotrofia foi notada 243 vezes, durante 96 h.

JANIS (1976) supôs que a fermentação cecal é ineficiente em animais de estômago simples que não realizam cecotrofia, pois produtos da digestão são formados no intestino delgado, que é usualmente o local de absorção. Assim, lagomorfos e vários roedores têm este problema solucionado pela prática de autocoprofagia (cecotrofia), que proporciona uma segunda passagem da ingesta pelo intestino delgado, após fermentação na primeira passagem.

O ceco no cavalo, entre outros segmentos do intestino grosso, constitui um compartimento separado, com capacidade diferenciada para retenção da digesta e absorção de água. Esse segmento aparentemente faz um paralelo com o de coelhos, uma espécie que se assemelha amplamente ao cavalo quanto à função do intestino grosso (DE OCAMPO & DYCE, 1995). Em coelhos, o ceco é o órgão fundamental da cecotrofia e comporta-se como uma câmara de fermentação similar ao rúmen dos animais com estômago compartimentalizado (BASSAN *et al.*, 1999).

A síntese de vários nutrientes ocorre em graus variados no intestino grosso da maioria dos animais, sendo que a síntese de vitaminas B e K é especialmente significativa. As vitaminas podem ser absorvidas pela mucosa ou podem ser eliminadas nas fezes. Nesse caso, a coprofagia é um padrão comportamental que suplementa os requerimentos diários de vitaminas (BANKS, 1992).

Conforme GETTY *et al.* (1986), o ceco do cavalo apresenta um comprimento médio de 1,25 m sendo dividido anatomicamente por uma base, um corpo e um ápice e apresenta quatro tênias longitudinais situadas nas faces dorsal, ventral, direita e esquerda. SIMIC & ILIC (1976), citaram que o ceco dos eqüídeos apresenta uma forma de um grande saco cilindro-cônico, situado no antímero direito da cavidade abdominal. E devido à sua forma, dimensões, posição topográfica, bem como função fisiológica, o ceco, apresenta uma participação fundamental na digestão em animais herbívoros de estômago simples. A capacidade desse órgão é enorme, podendo conter, no cavalo, 20 – 70 litros. De acordo com CUNHA (2000), o ceco de coelhos, é constituído por anéis saculiformes dispostos em espiral, com um diâmetro de 4 a 5 cm, diminuindo progressivamente na parte distal e terminando no apêndice vermiforme. A forma do ceco deve-se a um feixe de fibras musculares lisas que forma uma espécie de lâmina enrolada com cerca de 1 m de comprimento. A estrutura do ceco no arganaz tem uma parede interna com uma rede irregular de cristas orientadas tanto longitudinais quanto circunferencialmente (SNIPES, 1979). BANKS (1992) afirmou que as camadas externas da túnica muscular de suínos e cavalos têm feixes espessos de músculo liso e de fibras elásticas longitudinalmente orientados (*taeniae cecii*).

YU & CHIOU (1997) estudaram o desenvolvimento da mucosa intestinal durante o crescimento de coelhos e verificaram que, esses animais com estômago simples, a fonte e níveis de fibra dietética afetam a morfologia da mucosa intestinal, como a altura das vilosidades, profundidade das criptas e o número de células caliciformes. Os mesmos autores observaram que porções caudais do intestino, incluindo o ceco e o cólon, sofreram modificações importantes entre os estágios de amamentação e o de desmame, mas se estabilizaram após 4 semanas de idade. Isso porque os coelhos ingerem cada vez maiores quantidades de fibra na dieta após o desmame, que ocorre em torno de quatro semanas. Aumentando a ingestão de alimento, aumentará a fermentação no ceco e no cólon, ativando o metabolismo microbiano que talvez estimule o desenvolvimento cecal e do cólon. CUNHA (2000) afirmou que os pesos do ceco e do seu conteúdo aumentam rapidamente após o desmame, duplicando entre o 25º e o 36º dia de vida nos coelhos jovens como reflexo da alimentação exclusivamente sólida. ARGENZIO (1988) assegurou que o desenvolvimento estrutural e funcional do intestino grosso coincide com o desenvolvimento da digestão microbiana.

De acordo com BANKS (1992), a organização dos elementos murais do intestino grosso se baseia na ausência de vilos, nas glândulas que são longas e retas e se abrem na superfície da borda luminal; nas células caliciformes que são uma característica evidente do epitélio; na ausência de pregas circulares que são substituídas por dobras longitudinalmente orientadas; no tecido linfóide difuso; e nos nódulos linfóides como características histológicas evidentes. O ceco é uma adaptação intestinal nos herbívoros com estômago simples (como o cavalo, coelho e cobaia) e as características histológicas descritas para o intestino grosso são, de forma geral, aplicáveis ao ceco.

### Aspectos neuro-endócrinos do tubo digestivo de mamíferos

De acordo com POLAK *et al.* (1993) e SANTOS & ZUCOLOTO (1996), decorreu tempo considerável, para que o intestino fosse reconhecido como órgão endócrino. As células endócrinas gastrointestinais foram primeiramente descritas por Heidenhaim em 1870, citado por POLAK *et al.* (1993), quando observou que certas células da mucosa gástrica do cão possuíam grânulos que se coravam com sais de cromo. Posteriormente, em 1907, Ciaccio, citado por POLAK *et al.* (1993) usou o termo enterocromafim para descrever essas células, que 7 anos mais tarde, Masson, citado por BARBOSA *et al.* (1984), mostraram ser capazes de reduzir a prata sem auxílio de agente redutor externo, sendo essa reação denominada argentafim (POLAK *et al.*, 1993).

SANTOS & ZUCOLOTO (1996) e BASSAN *et al.* (1999) preconizaram que as células distribuídas por toda mucosa do aparelho digestório apresentam características citoquímicas comuns, das quais a mais evidente e constante é a produção de aminas biogênicas e polipeptídeos e o seu conjunto denominado “sistema APUD” (*Amine Precursor Uptake and Decarboxylation*). O sistema APUD inclui as células endócrinas gastrointestinais, as células das ilhotas do pâncreas, entre outras células endócrinas.

ARGENZIO (1988) afirmou que o aparelho gastrointestinal é o maior órgão endócrino do corpo, assim como REHFELD (1998), ainda assegurou que tanto em termos de número de células endócrinas como em número de tipos hormonais esse aparelho supera qualquer outro órgão. Células neuroendócrinas que se originam a partir das cristas neurais distribuem-se de forma difusa por meio de todo o tecido gástrico, intestinal e pancreático. Esse último autor definiu que essas células são conhecidas como precursoras na captação de aminas e células de descarboxilação, ou seja, do sistema “APUD”, citado anteriormente e que (sintetizam hormônios peptídicos e aminas que são liberados) a partir de células sob estimulação apropriada. Além dessas células endócrinas, foi estabelecido que vários peptídeos são liberados a partir de terminações nervosas no intestino (ARGENZIO, 1988). BASSAN *et al.* (1999) reafirmaram que o sistema enteroendócrino está constituído por um conjunto de células produtoras de hormônios relacionados com a motilidade, secreção e absorção de nutrientes.

Feyrter, citado por POLAK *et al.* (1993), identificou as células do sistema enteropancreático como sendo: 1) células convencionalmente coradas em claro; 2) células argentafins – capazes de reduzir diretamente soluções de prata; 3) células argirófilas – capazes de absorver sais de prata, que então podem ser reduzidos por adição de uma substância química com capacidade redutora.

Diferentemente da reação argentafim, a reação argirófila detecta um grande número de células endócrinas no estômago, íleo, cólon e pâncreas do gambá *Didelphis albiventris* (FONSECA, 1996; FONSECA *et al.*, 1998; 2002) e em todo o tubo digestivo da capivara *Hydrochoeris hydrochaeris*, como detectado por VELÁSQUEZ (2001).

Num estudo realizado com várias espécies de vertebrados, desde sapos até camundongos, foi observado que conforme a evolução, a quantidade de células endócrinas

argirófilas e argentafins no epitélio do intestino grosso aumentou tanto nas partes iniciais quanto nas terminais (MUTOVKINA & IVANOVA, 1987).

Células argentafins de diferentes regiões do aparelho digestório de ratos foram examinadas no microscópio eletrônico e todas elas continham grânulos secretores redondos ou pleomórficos, concentrados principalmente na zona infranuclear, exceto naquelas do antro gástrico, em que eles ocorrem com frequência na área perinuclear (PORTELA-GOMES *et al.*, 1984).

As células enterocromafins (células EC), que constituem população predominante no sistema de células endócrinas do aparelho digestório, são encontradas na mucosa de quase todo o tubo digestivo. Embora seu principal produto de secreção seja a serotonina, imunorreatividades a peptídeos como substância P, leucina-encefalina e motilina têm sido descritas (SANTOS & ZUCOLOTO, 1996). A serotonina nas células EC pode ser detectada por várias técnicas em secções de parafina após fixação pela formalina, como a reação argentafim de Masson. As técnicas mais específicas de identificação são os métodos imuno-histoquímicos com anticorpos policlonais ou monoclonais contra serotonina. Métodos não-imunológicos podem ser também utilizados, mas apresentam limitações. Deste modo, citam-se a baixa especificidade química da reação argentafim e a não especificidade da fluorescência induzida pela formalina, que detecta outras aminas biogênicas além da serotonina (SANTOS & ZUCOLOTO, 1996).

Um hormônio do aparelho digestório é uma substância produzida por um tipo de célula distribuída em regiões relativamente bem definidas tanto do tubo digestivo como das glândulas anexas. Dessas ela é liberada sob estímulos específicos para alcançar o órgão alvo, que subsequente obtém uma resposta, podendo estar ligada à secreção ou à contração muscular. Segundo REHFELD (1998), as novas descrições da biologia dos hormônios gastrointestinais está de acordo com os conceitos clássicos, sustentando a idéia de que os hormônios são peptídeos provenientes de células do aparelho digestório, lançados no sangue, uma vez que haja estimulação adequada.

A serotonina é uma catecolamina com peso molecular de 176 Daltons, formada em células endócrinas gastrointestinais, plaquetas, no cérebro e na medula espinhal (BIOGENEX, 2003). É bem conhecido que a 5-HT (5-hidroxitriptamina), a serotonina, é abundante em células intestinais enterocromafins, bem como que uma ampla variedade de estímulos provoque a liberação dessa substância pelas células EC. Além da serotonina estar presente no sistema nervoso central e nas células enterocromafins, ela também é encontrada em neurônios serotoninérgicos, nos gânglios mioentéricos intestinais, que podem mediar reflexos locais (LI *et al.*, 2000). CECCARELLI *et al.* (1995a) afirmaram que células produtoras de monoaminas, tal como as EC que produzem serotonina, têm sido consideradas membros da grande família de células enteroendócrinas. Conforme SANTOS & ZUCOLOTO (1996), mensageiros químicos não peptídeos como a serotonina, são sintetizados dentro do citosol e armazenados em grânulos secretores.

Células EC secretam serotonina espontaneamente e em resposta a uma ampla variedade de estímulos no

lúmen duodenal, incluindo acidificação, instilação de glicose hipertônica ou de sacarose, estimulação vagal, aumento da pressão intraluminal, obstrução mecânica do intestino e isquemia intestinal (LI *et al.*, 2000). Conforme CECCARELLI *et al.* (1995b), a serotonina é conhecida por estimular a contração da musculatura lisa do aparelho gastrointestinal e provocar a secreção exócrina. VANNER (2000) afirmou que a serotonina estimula os neurônios mioentéricos, promovendo respostas vasodilatadoras na submucosa.

Em estudo utilizando vacas e bezerras, KITAMURA *et al.* (1985) encontraram células imunorreativas à serotonina no intestino grosso, sendo mais freqüentes no reto. Foi constatado por estes autores que a distribuição de células endócrinas na vaca é semelhante à do cavalo. BALTAZAR *et al.* (1998) observaram, em seu estudo do aparelho digestório de búfalos *Bubalus bubalis*, que o número de células imunorreativas à serotonina foi escasso na região fúndica do estômago, mas aumentou progressivamente para moderado no duodeno, declinou um pouco no jejuno e íleo, aumentou de forma moderada no ceco e cólon e, finalmente, reduziu-se numericamente no reto.

De acordo com o estudo de CECCARELLI *et al.* (1995b), o tubo digestivo de cervos (*Dama dama*) possui células EC contendo serotonina em todas as regiões investigadas e foram mais numerosas no duodeno proximal, representando cerca de 80% das células endócrinas investigadas. Em outro estudo com cavalos, CECCARELLI *et al.* (1995a) verificaram que a freqüência de células contendo serotonina variou extremamente entre o estômago e o duodeno, sendo menor neste.

De acordo com SANTOS & ZUCOLOTO (1996), estudos imuno-histoquímicos e de biologia molecular têm mostrado inter-relações funcionais entre células endócrinas e neurônios, constituindo o sistema neuroendócrino. No contexto atual, o termo neuroendócrino não implica em uma origem embriológica comum a partir do neuroectoderma, mas tem conotação de compartilhamento de um fenótipo caracterizado pela expressão simultânea de múltiplos genes que codificam uma ampla variedade de características neuronais e endócrinas.

Conforme WIENBECK *et al.* (1987), o controle nervoso das secreções dos intestinos é influenciado por nervos do sistema periférico e central. O intestino grosso é tonicamente inibido pelo sistema nervoso entérico, em particular, pelos gânglios submucosos.

A integração dos eventos secretores, motores e de absorção no trato gastrointestinal é ocasionada por ações e interações complexas dos sistemas neural e endócrino. O controle nervoso da função intestinal é realizado pelas porções intrínsecas e extrínsecas do sistema nervoso vegetativo (ARGENZIO, 1988). RAYBOULD (1998) citou que o sistema nervoso está eletricamente ligado em “circuitos reflexos”. Cada circuito neural contém um neurônio aferente que carrega atividade elétrica da periferia para o centro de integração que pode ser tanto o gânglio como uma região especializada do cérebro. Após os sinais aferentes ser processados, fluxos de informações retornam via neurônios motores para modificar determinadas atividades do intestino, dentre elas, a motilidade. De acordo

com HUDSON *et al.* (2000), o sistema nervoso entérico (SNE) tem um papel preponderante no controle da maioria das funções gastrointestinais. O SNE consiste em uma rede de neurônios organizados dentro dos gânglios submucosos e mioentéricos. O gânglio submucoso estende-se na região entre a mucosa e a túnica muscular da parede do intestino, e o gânglio mioentérico estende-se entre as camadas musculares circular e a longitudinal da túnica muscular. Este último está envolvido com a motilidade intestinal, enquanto o primeiro, com o transporte transepitelial de íons, com o fluxo de sangue da mucosa, bem como com funções secretomotoras. VANNER (2000) concluiu, em estudos com porcos-da-índia, que os gânglios mioentéricos podem desempenhar papel na regulação da mucosa por meio da modulação de reflexos vasodilatadores nos gânglios submucosos. Há evidências que neurônios submucosos recebem estímulos após a excitação de gânglios mioentéricos.

FURNESS *et al.* (1999) afirmaram que o SNE do homem contém cerca de  $10^8$  neurônios no sistema endócrino gastroenteropancreático. Os neurônios que detectam o comportamento dos tecidos são neurônios primários aferentes, divididos em três classes: 1) neurônios intrínsecos primários aferentes (também conhecidos como neurônios sensoriais intrínsecos), com corpos celulares e conexões na parede do TGI; 2) neurônios primários aferentes extrínsecos, com corpos celulares nos gânglios das raízes vagais e espinhais dorsais; 3) neurônios intestinfugais, com corpos celulares no TGI e projeções dos neurônios para o lado de fora da parede do TGI.

Evidências experimentais citadas por RAYBOULD (1998) sugerem, acima de tudo, que a mecanossensibilidade pode ser uma propriedade intrínseca de neurônios aferentes. Entretanto outras células no TGI podem responder também a estímulos mecânicos. Considerando a observação de que um aumento na pressão libera serotonina, causando a propulsão do conteúdo luminal pela iniciação do reflexo peristáltico, BULBRING & LIN (1958) *apud* RAYBOULD (1998) propuseram que os receptores de pressão na mucosa são as células EC e que a serotonina liberada por estas células, em resposta à pressão, estimula neurônios intrínsecos primários aferentes, ao mesmo tempo em que o sistema nervoso entérico conduz a ativação do reflexo peristáltico.

Um possível intermediário para transdução de sinais da mucosa é a serotonina, que é um potente estimulante dos neurônios intrínsecos primários aferentes (NIPAs). A serotonina é liberada, quando a mucosa é mecanicamente estimulada, e, conseqüentemente, reações reflexas são antagonizadas por drogas que bloqueiam os receptores 5-HT (FURNESS *et al.*, 1999).

Os NIPAs reagem sob três tipos de estímulos: alterações químicas no lúmen intestinal, distensão intestinal e distensão mecânica da mucosa. Esses neurônios são necessários para geração de reflexos apropriados em reação ao conteúdo intestinal. Reflexos intrínsecos geram movimentos de mistura e propulsão da musculatura, causam alteração local do fluxo sanguíneo e modulam a secreção de água e eletrólitos. Esses neurônios participam de uma coordenação integrada entre os órgãos, como, por exemplo, entre o duodeno e estômago, pâncreas e sistema biliar (FURNESS *et al.*, 1999).

FURNESS *et al.* (1999) informam, de acordo com a Figura 1, que os neurônios extrínsecos primários aferentes levam informações sobre o estado do aparelho gastrointestinal para o sistema nervoso central. Estão presentes na monitorização de todos aspectos funcionais desse aparelho e também transportam informação nociceptiva. Os neurônios intestino-fugais são uma classe não usual de neurônios. Seus corpos celulares se localizam na parede do

TGI, e seus processos formam sinapses no gânglio simpático paravertebral. Os corpos celulares desses neurônios estão nos gânglios mioentéricos, sendo mais numerosos no intestino grosso. Suas funções estão quase que exclusivamente envolvidas com o controle da motilidade, entretanto eles também contactam neurônios simpáticos, que têm a função de inibir a secreção de água e de eletrólitos no intestino.

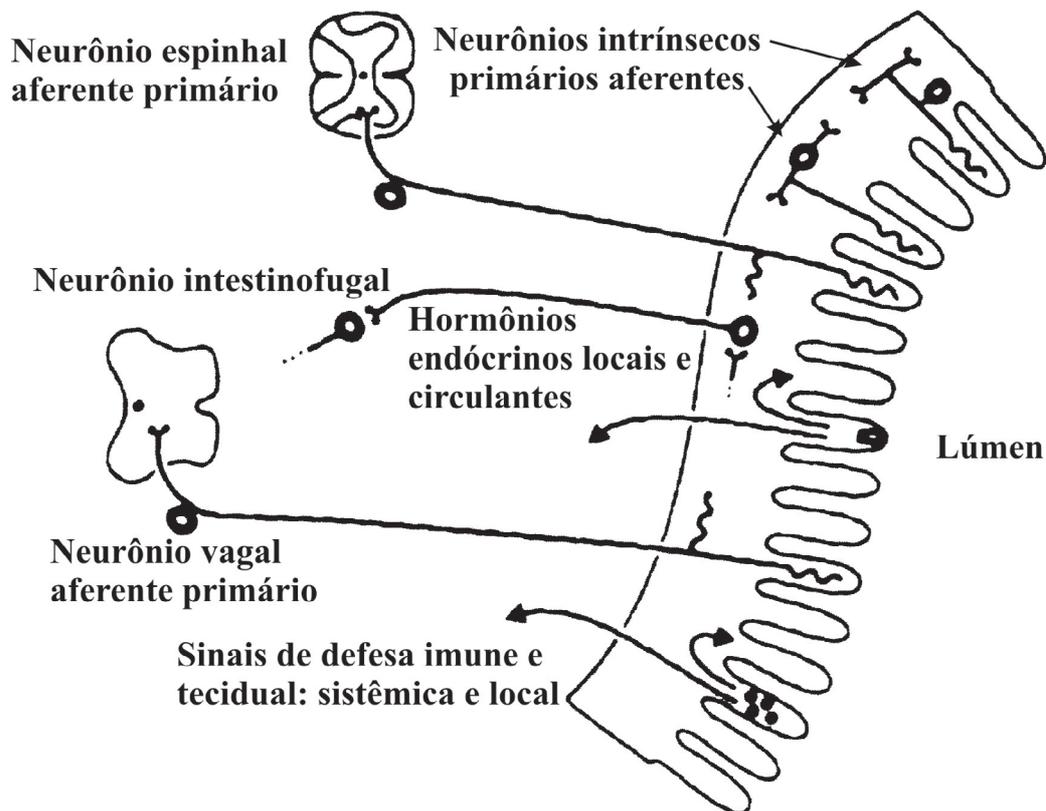


FIGURA 1: Esquema dos tipos de neurônios envolvidos no funcionamento intestinal (FURNESS *et al.*, 1999)

### Comentários

O ceco é um órgão importante no processo de digestão, porque realiza funções que, aliadas às dos outros órgãos do aparelho digestório, favorecem um elevado aproveitamento do alimento como fonte nutricional e energética. Em vista disso, torna-se relevante desenvolver estudos que possibilitem um maior entendimento de sua fisiologia nervosa e endócrina, principalmente na capivara, que é um dos mais importantes animais da fauna silvestre brasileira, no que tange ao potencial para produção e consumo.

### Referências

ANDRADE, P. C. M.; LAVORENTI, A.; NOGUEIRA, S. L. G. Efeitos de níveis de proteínas e energia em rações para capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris* L. 1766) em Crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBZ 1996. p. 248-251.

ARGENZIO, R. A. Introdução à função gastrointestinal. In: SWENSON, M. J. *et al.* *Fisiologia dos animais domésticos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 10. ed. 1988. p. 229 – 242.

BALTAZAR, E. T. *et al.* Immunohistochemical study of endocrine cells in the gastrointestinal tract of the Philippine Carabao (*Bubalus bubalis*). *Anatomy Histology and Embryology*, v. 27, p. 407-411, 1998.

BANKS, W. J. Sistema digestivo I – Canal alimentar. In: *Histologia veterinária aplicada*. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992. p. 425-464.

BARBOSA, A. J. A.; CASTRO, L. P. F.; NOGUEIRA, A. M. F. A simple and economical modification of the Masson-Fontana method for staining melanin granules and enterochromaffin cells. *Stain Technology*, v. 59, n. 4, p. 193-196, 1984.

BASSAN, N. *et al.* Células Enteroendócrinas intraepiteliales en ciego y apéndice de conejos sensibilizados com ovoalbumina. *Acta Gastroenterologica Latinoamericana*, v. 29, n. 5, p. 313-317, 1999.

BIOGENEX. Data Sheet – Polyclonal Antibody to Serotonin. Disponível em: < <http://www.biogenex.com/pdf/932-068p.pdf> >. Acesso em: 05 jun. 2003.

- CECCARELLI, P.; PEDINI, V.; GARGIULO, M. Serotonin-containing cells in the horse gastrointestinal tract. *Anatomy Histology and Embryology*, v. 24, p. 97-99, 1995a.
- CECCARELLI, P.; PEDINI, V.; GARGIULO, M. The endocrine cells in the gastro-enteric tract of adult fallow deer (*Dama dama* L.). *Anatomy Histology and Embryology*, v. 24, p. 171-174, 1995b.
- COSTA, D. S. *et al*. Reprodução de capivaras. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*, v. 5, p. 111-118, 2002.
- CUNHA, L. F. <http://www.utad.pt/apez/APEZNorte/2000/Cunicultura/S2.htm> Parques naturais - Nutrição e Alimentação: Fisiologia Digestiva do Coelho. Aspectos mais relevantes. Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1399 Lisboa Codex, Portugal - Luísa Falcão e Cunha [lfalcao@isa.utl.pt](mailto:lfalcao@isa.utl.pt) Acesso em: 25 abr. 2002.
- DE OCAMPO, G. D.; DYCE, K. M. Histological and ultrastructural study of the surface columnar cells of the horse caecum and colon. *Philippine Journal of Veterinary Medicine*, v. 32, n. 2, p. 50-69, 1995.
- DEUTSCH, L. A.; PUGLIA, L. R. *Capivara: os animais silvestres - proteção, doenças e manejo*. Rio de Janeiro: Globo Rural, 1988. p. 27-41.
- EDEN, A. Coprophagy in the rabbit: origin of night faeces. *Nature*, v. 145, p. 628-629, 1940.
- FERRAZ, K. P. M. B.; VERDADE, L. M. Ecologia comportamental da capivara: bases biológicas para o manejo da espécie. In: MATTOS, W. R. S. *et al*. *A produção animal na visão dos brasileiros. Ecologia comportamental da capivara: bases biológicas para o manejo da espécie*. [Ed.] FEALQ: Piracicaba. p. 589-595, 2001.
- FONSECA, C. C. *Identificação imunocitoquímica e ultraestrutural das células produtoras de glucagon no pâncreas e nas mucosas do corpo do estômago, do íleo e do cólon durante o desenvolvimento do gambá Didelphis albiventris Lund, 1841 (MARSUPIALIA)*. 1996. 180 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular)- Departamento de Morfologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.
- FONSECA, C. C.; NOGUEIRA, J. C.; BARBOSA, A. J. A. Immunocytochemical and ultrastructural identification of the glucagon-producing cell in the gastric mucosa of the developing opossum *Didelphis albiventris* (MARSUPIALIA). *Anatomischer Anzeiger*, v. 180, p. 477-480, 1998.
- \_\_\_\_\_. Argyrophilic and glucagon-immunoreactive cells in the ileum and colon of the developing opossum *Didelphis Albiventris*. *Cells Tissue Organs*, v. 170, n. 1, p. 29-33, 2002.
- FUERBRINGER, J.; BOTERO DE LA ESPRIELLA, R.; GAONA, J. T. *Manual practico: el chigüiro su cría e explotación racional*. 90. ed. Licencia del Ministerio de Colômbia 000764/1966. 1987. 75 p.
- FURNESS, J. B.; KUNZE, W. A. A.; CLERC, N. Nutrient tasting and signaling mechanisms in the gut. II. The intestine as a sensory organ: neural, endocrine, and immune responses. *American Journal Physiology*, v. 277, p. 922-928, 1999.
- GETTY, R. *et al*. *Sisson/Grossman: anatomia dos animais domésticos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 1134 p.
- HUDSON, N. P. H.; PEARSON, G. T.; MAYHEW, I. G. Tissue culture of the enteric nervous system from eEquine ileum. *Veterinary Research Communications*, v. 24, p. 299-307, 2000.
- JANIS. C. Evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution*, v. 30, p. 757-774, 1976.
- KITAMURA, N. *et al*. Histologic and immunocytochemical study of endocrine cells in the gastrointestinal tract of the cow and calf. *American Journal of Veterinary Research*, v. 46, n. 6, p. 1381-1386, 1985.
- LI, Y. *et al*. Serotonin released from intestinal enterochromaffin cells mediates luminal non-cholecystokinin-stimulated pancreatic secretion in rats. *Gastroenterology*, v. 118, p. 1197-1207, 2000.
- MENDES, A. A note on the cecotrophy behavior in capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). *Applied Animal Behavior Science*, v. 66, n. 1-2, p. 161-167, 2000.
- MOREIRA, J. R. *The reproduction, demography and management of capybaras (Hydrochaeris hydrochaeris) on Marajó Island - Brazil*. Trinity Term, Ox: University of Oxford, 1995. 18-19 p. Thesis (Doctor of Philosophy)- University of Oxford, 1995.
- MUTOVKINA, T. N.; IVANOVA, V. F. Endocrine cells in the large intestine epithelium in various vertebrate species. *Arkhiv Anatomii Gistologii i Embriologii*, v. 92, p. 93-95, 1987.
- POLAK, J. M. *et al*. Hormônios gastrointestinais. In: DANI, R.; PAULA CASTRO, L. *Gastroenterologia clínica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p. 1446-1465.
- PORTELA-GOMES, G. M.; GRIMELIUS, L.; BERGSTÖM, R. Enterochromaffin (Argentaffin) cells of the rat gastrointestinal tract. An ultrastructural study. *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica*, v. 92, p. 83-89, 1984.
- RAYBOULD, H. E. Does your gut taste? Sensory transduction in the gastrointestinal tract. *News Physiology Science*, v. 13, p. 275-280, 1998.
- REHFELD, J. F. The new biology of gastrointestinal hormones. *Physiological Reviews*, v. 78, n. 4, p. 1087-1102, 1998.
- SANTOS, G. C.; ZUCOLOTO, S. Células endócrinas gastrointestinais: breve histórico e principais métodos de identificação à microscopia óptica. *Arquivo de Gastroenterologia*, v. 33, n. 1, p. 36-44, 1996.
- SIMIC, V.; ILIC, A. Caractéristiques et différences essentielles comparatives, morphologiques, du caecum de l'homme et des mammifères domestiques. *Acta Anatomica*, v. 94, p. 299-310, 1976.
- SNIPES, R. L. Anatomy of the cecum of the vole, *Microtus agrestis*. *Anatomy and Embryology*, v. 157, p. 181-203, 1979.
- VANNER, S. Myenteric neurons activate submucosal vasodilator neurons in guinea pig ileum. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, v. 279, p. 380-387, 2000.
- VELÁSQUEZ, J. C. C. *Estudos histológico e histoquímico dos órgãos do tubo digestivo, figado e pâncreas de capivaras adultas Hydrochaeris hydrochaeris Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia, Hydrochaeridae)*. 2001. 132 f. Tese (Mestrado em Medicina Veterinária)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- WIENBECK, M.; KARAU, M.; FRIELING, T. Neural regulation of the secretion of the small and large intestines. *Zeitschrift für Gastroenterologie*, v. 25, p. 55-60, 1987.
- YU, B.; CHIOU, W. S. The morphological changes of intestinal mucosa in growing rabbits. *Laboratory Animals*. v. 31, p. 254-263, 1997.

Recebido para publicação em 16/02/2004  
 Received for publication on 16 February 2004  
 Recibido para publicación en 16/02/2004  
 Aceito para publicação em 30/03/2005  
 Accepted for publication on 30 March 2005  
 Acepto para publicación en 30/03/2005

# PÓS-GRADUAÇÃO UNIPAR

2006

## CIÊNCIAS HUMANAS

### Campus Umuarama

- Especialização em Docência do Ensino Superior: Fundamentos e Práticas Educativas
- Especialização em Educação Especial
- Especialização em Educação Física Escolar
- Especialização em Língua Inglesa com Ênfase em TESOL
- Especialização em Língua Portuguesa e Literatura Brasileira
- Especialização em Práticas de Laboratório para o Ensino de Ciências:  
Níveis Fundamental e Médio

### Campus Toledo

- Especialização em Pedagogia da Educação Física e do Esporte na Escola
- Especialização em Psicopedagogia

### Campus Guaíra

- Especialização em Educação Especial: Formação Integrada
- Especialização em Psicopedagogia Clínica e Institucional

### Campus Cascavel

- Especialização em História Regional: Olhares Sobre o Paraná
- Especialização em Língua Inglesa com Ênfase em TESOL
- Especialização em Língua Portuguesa e Literatura Brasileira

### Campus Francisco Beltrão

- Especialização em História do Brasil

QUEM PENSA FAZ.



[www.unipar.br](http://www.unipar.br)