

# DIGESTÃO DOS ANIMAIS DOMÉSTICOS

Prof. Newton da Cruz Rocha

DIGESTÃO GERAL E ABSORÇÃO

DISGESTÃO DE RUMINANTES

DIGESTÃO DAS AVES

DIGESTÃO GERAL E ABSORÇÃO

Generalidades – O trato gastrointestinal pode ser resumido como a parte do organismo necessária á ingestão dos alimentos (nutrientes), suas transformações e absorção. Por outro lado aquilo que não pode ser absorvido é eliminado com as fezes. Se observarmos o trato digestivo ele pode ser considerado como um canal que se inicia na cavidade oral e termina no orifício anal; desta forma qualquer elemento não absorvível que esteja dentro do trato digestivo, na realidade, *está* fora do corpo . Como exemplo podemos citar uma esfera de aço inoxidável que seja ingerida e que será expelida sem ser modificada e absorvida, pois, somente a absorção em trecho especializado do aparelho digestivo levará o produto da absorção ao chamado “meio interno”

Desta forma só podemos dizer que um produto foi absorvido ao chegar ao meio interno e ser transferido para o interior das células.

O aparelho digestivo dos mamíferos está composto de boca, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e anus. Além destes ainda temos as glândulas anexas: glândulas salivares, fígado e pâncreas.

O aparelho digestivo apresenta um diferente grau de especialização de acordo com a espécie animal, pois, está adaptado ao tipo de alimento e precisa ser diferente para processar a digestão e absorção. Na série animal podemos distinguir animais monogástricos e poligástricos. Os monogástricos podem ser herbívoros, onívoros e carnívoros, enquanto que os poligástricos normalmente se alimentam de vegetais, com cobertura de celulose e são denominados herbívoros. Muito embora sejam herbívoros tais animais ingerem voluntariamente substâncias do tipo concentrados (farinhas de carnes) e mesmo os bovinos podem ingerir a própria placenta no pós-parto. Há ainda as aves que podem ser insetívoras, herbívoras, onívoras, granívoras e carnívoras. O animais poligástricos podem apresentar três ou quatro estômagos (embora vários autores classifiquem os pré-estômagos como divertículos do esôfago). Nesta classificação estariam incluídos o “papo” das aves, além do rúmen, omaso e abomaso dos ruminantes.

A ingestão dos alimentos obedece a diversos fatores bioquímicos que agem sobre o sistema nervoso (hipotálamo) promovendo a fome ou a saciedade. Neste aspecto têm fundamental importância os órgãos dos sentidos (olfato, visão, gustação) além de informações mecânicas que podem partir do esôfago (deglutição) ou do próprio estômago (plenitude ou vacuidade gástrica). Outro elemento regulador pode ser o nível sanguíneo de glicose (glicemia) que informa ao hipotálamo ao circular pelo mesmo. Nos herbívoros poligástricos ou mesmo nos monogástricos o nível de glicose é baixo 45 a 55 mg/dL e como ocorre grande absorção de ácidos graxos voláteis (AGVs – como acético, propiônico e butírico) parece que para tais animais o “informante” hipotalâmico do grau de saciedade não é a glicose e sim o nível dos AGVs.

Digestão bucal – Inicialmente o alimento é captado pelo animal de formas diferentes, de acordo com a espécie. Nas aves o formato do bico já nos dá uma informação de como se dá a tomada do alimento (preensão). A galinha pega o grão de milho com um golpe sobre o mesmo e faz um movimento de cabeça deslocando o grão para trás, em direção ao esôfago. Um colibri introduz seu longo bico dentro das flores para retirada do alimento (açucarado); um equídeo faz a tomada do alimento com ajuda do lábio superior que se assemelha a uma colher ou concha; os bovinos fazem a captação dos alimentos, no pasto, com ajuda da língua que

funciona como uma "foice" puxando os alimentos para dentro da cavidade bucal. Em princípio o formato do bico nos dá uma idéia do tipo de alimento da ave.

O alimento permanece na cavidade bucal por um período variável que é necessário à sua trituração e eventualmente digestão parcial. O tempo leva em consideração a permanência do alimento na cavidade bucal indo desde zero até períodos longos. Assim, nas aves que ingerem o grão através de uma "bicada" o tempo será igual a zero, enquanto que os ruminantes e os eqüídeos podem realizar entre 70 e 90 movimentos mastigatórios por minuto. No caso dos cães podem ocorrer tempos diversos: uma cão que tenta se alimentar de uma carne aderida a um pedaço de osso poderá fazer vários movimentos mastigatórios, porém, se o mesmo animal for estimulado por um fragmento de carne, que oferecemos e não damos, ele o pegará no ar ao jogarmos o mesmo, e o engolirá em tempo bucal igual a zero .

Mesa dentária – As mesas dentárias (superior e inferior) nem sempre se "casam" de modo perfeito, como se deseja no ser humano. Nos eqüídeos e nos bovinos (por exemplo) a mandíbula é mais estreita do que o maxilar e desta forma se as duas mesas dentárias forem colocadas uma sobre a outra não haverá encaixe perfeito entre as duas mesas; por tal razão é que encontramos o movimento de didução ou lateralidade. Tal movimento faz com que as duas mesas deslizem lateralmente e o material é triturado de modo diferente do ser humano. Além disso os dentes apresentam uma forma em bisel (oblíquo), independente da presença de rugosidades formadas pela dentina, esmalte e cimento.

Secreção salivar – As glândulas salivares são três pares de glândulas secretoras de um produto misto que tem finalidades mecânicas e bioquímicas na cavidade oral. O maior dos três pares está representado pela parótida e que apresenta uma secreção serosa; as outras duas (submandibulares e sublinguais) apresentam secreção mucosa. O estímulo para secreção vem do sistema nervoso vegetativo parassimpático que aumenta o volume da saliva na cavidade bucal. As parótidas são inervadas pelo IX par craniano (glosssofaríngeo), enquanto que as outras duas recebem inervação do VII par craniano (facial). Há autores que reconhecem o estímulo simpático como estimulando uma secreção salivar viscosa ; entretanto, existe a possibilidade de haver menor fluxo de líquidos (água) para as glândulas (por vasoconstrição) o que a tornaria mais viscosa.. Além do mais seria talvez o único exemplo em que os dois sistemas não seriam antagônicos (ambos promoveriam secreção salivar); o que nos parece é que a secreção seria mais viscosa, mas, não "haveria" aumento da produção (estímulo). Há ainda glândulas mucosas "espalhadas" pela mucosa da cavidade bucal, que concorrem para a secreção mucosa; assim, a saliva contida na cavidade bucal será sempre mista .

Volume salivar – Diariamente as glândulas salivares podem secretar cerca de um a dois litros no ser humano; 110 a 180 litros nos bovinos de médio para grande porte; 10 a 20 litros nos ovinos e caprinos; 40 a 50 litros nos eqüinos; 15 litros nos suínos, e 7 a 25 mL nas aves. Os números são aproximados e a quantidade não é constante, pois, varia de acordo com a presença de alimento na cavidade bucal e com o tipo de alimento; há ainda o estímulo causado pela observação e odores dos alimentos (secreção psíquica) que precede até mesmo a colocação do alimento na cavidade oral. O pH da saliva é normalmente alcalino nos herbívoros (média = 7.3 nos suínos; 7.5 nos eqüinos; 8.55 nos ruminantes). No homem a saliva é ácida (pH = 5.45 a 6.06) e nos cães (que são originariamente carnívoros - ou onívoros se convivem com o homem) a saliva é alcalina (pH = 7.6 em média). As funções mecânicas incluem a lubrificação do trato oro-esofágico, a lubrificação e aglutinação do bolo e outras; do ponto de vista bioquímico podemos citar a presença de uma enzima amilolítica (ptialina ou a-amilase) cuja função é desdobrar o amido em maltose, maltotriose e dextrinas. Tais fenômenos são o início do desdobramento do amido e sua maior importância é no ser humano por sua característica alimentar; nos animais domésticos sua função seria limitada, pois, o tempo bucal zero não daria tempo para a ação enzimática e os alimentos celulósicos não permitiriam uma ação sobre o amido (revestidos pela "carapaça" de celulose). Há que se considerar ainda a função excretora da saliva (substâncias diversas) e até vírus (como o da raiva). Nos bovinos há uma função salivar de natureza bioquímica, mas, não para desdobramento de substância; ocorre que durante as 24 horas do dia/noite são secretados para a saliva cerca de 2,5 quilos de bicarbonato de sódio e 1,5 quilos de fosfato de sódio. A reingestão da mesma retorna ao rúmen e ajuda a manter o pH do mesmo, sem o que, seu interior seria extremamente ácido (pela formação de ácidos graxos – AGVs); desta forma a saliva concorre para a estabilização do pH do rúmen e para a sobrevivência dos microrganismos que ali se multiplicam.

Digestão gástrica – A digestão se inicia pela presença do alimento no estômago que desencadeia as secreções (embora haja secreção psíquica) estomacais. Como os alimentos são heterogêneos, alguns excitam mais do que outros as secreções gástricas além de contarmos com diferentes regiões da mucosa e que secretam produtos variados: HCl, muco, pepsina, gastrina, fator intrínseco (de Castle). Existe um ritmo circadiano de renovação celular que varia com o animal, e está representada pela migração das células de camadas mais profundas para o lúmen do estômago; uma experiência mostrou que a renovação em ratos pode atingir cerca de 500.000 células por minuto (auge) e que o auge da renovação ocorre por volta das 10 horas da manhã. A renovação pode não ser igual em todas as regiões, pois, na região antral a mesma ocorre a cada 2 dias e na região fúndica de 1 a 3 dias e parece estar sob influência do hormônio do crescimento (GH) e outros.

A mucosa gástrica se divide em fúndica e antral com células variadas: mucosas superficiais (*muco*), parietais ou oxínticas (*HCL, fator de Castle*), zimogênicas ou parietais (*pepsinogênio*), mucosas do colo (*mucosidade e gastrina*) e mucosas gerais (*muco*).

A secreção de muco é importante pela proteção que dá à parede do estômago contra o próprio HCl e enzimas, pois, é mais viscoso do que a água em até 260 vezes (considerando a viscosidade da água = 1). Embora haja alguma controvérsia, o muco parece ser aumentado pelo estímulo vagal. Se assim não fosse, a digestão que se realiza sob efeito vagal, estaria contrariando o efeito protetor quando do início da secreção do muco.

Secreção da pepsina – Esta enzima é na realidade um conjunto de enzimas (as pepsinas) e provêm do pepsinogênio. A idéia de que são varias isozimas vem do fato de que há vários valores de pH nos vários segmentos estomacais dos diferentes animais (2.0 no homem; 2.0 a 3.5 em aves - e até 4.5; 4.4 a 5.5 nos eqüídeos). O pH interfere diretamente na conversão de pepsinogênio em pepsina, razão pela qual o grau de acidez guarda relação com o “tipo” de pepsina em cada animal; a função da pepsina é agir sobre as proteínas para um primeiro desdobramento das mesmas. Outras enzimas encontradas no estômago e em menor concentração e efeito estão a gelatinase e a tributirase.

É importante ressaltar o efeito de alguns medicamentos sobre a mucosa gástrica aumentando sua permeabilidade e podendo produzir gastrite e ulcerações; entre eles encontramos substâncias como o AAS (ácido acetil salicílico) e o diclofenaco.

A secreção do HCl advém da secreção (em separado) dos íons  $H^+$  e  $Cl^-$  (processo que pode ser inibido pelo medicamento omeprazol nos casos de gastrite e úlceras) pelo fato da secreção de  $H^+$  estar relacionada à função da ATPase  $H^+ / K^+$ .

Há três substâncias envolvidas no processo de acidificação gástrica: acetil-colina (Ach) liberada pelo nervo vago; histamina que se fixa aos receptores  $H_2$  e a gastrina que é liberada para a “luz” gástrica, é absorvida para a circulação e retorna ao estômago para estimular a secreção de  $H^+$  (mecanismo exato pouco conhecido). Neste aspecto pode haver outro tipo de inibição da secreção ácida em casos de gastrite e úlcera; são os inibidores dos receptores de  $H_2$ , como a cimetidina.

Fator de Castle: este produto das células parietais é u'a mucoproteína e tem como finalidade promover a absorção de vitamina B<sub>12</sub> pelo íleo; sem sua presença ocorre uma patologia denominada anemia perniciosa.

Digestão intestinal – Para que possa ocorrer a digestão intestinal é necessário que o duodeno se torne alcalino e desta forma podem ocorrer duas formas de fazer-lo: primeiro o próprio sistema vagal promove estímulo pancreático para que este secrete uma solução alcalina (pouco importante); em segundo o que é mais eficaz é a produção de um hormônio duodenal denominado secretina, produzida pelas células S do duodeno. O produto apresenta 27 aminoácidos e se assemelha ao glucagón; o maior estímulo para sua produção é a entrada do “bolo” ácido, vindo do estômago, no duodeno. A secretina é absorvida e entra na corrente circulatória para chegar ao pâncreas, que então libera a produção alcalina, denominada secreção “hidrolática”, rica em  $HCO_3^-$ . Após alcalinização o duodeno está apto a receber as secreções “digestivas” ou enzimáticas do pâncreas e ocorre a liberação de uma substância duodenal denominada pancreozimina (CCK-PZ) que é liberada pela presença de ácidos graxos

e aminoácidos. Tal hormônio penetra na circulação e atinge o pâncreas para que este libere seus fermentos (enzimas). Há três grandes grupos de enzimas digestivas no suco pancreático: amilase (para amiláceos); proteases (para proteínas) e lípases (para lipídeos).

A amilase é uma  $\alpha$ -amilase e desdobra o amido cru ou mesmo cozido, atuando em ligações  $\alpha$ -1,4, em pH 4.0 até 11.0 e forma maltose, maltotriose e dextrinas (em ligações  $\alpha$ -1,6). As enzimas proteolíticas estão representadas pela tripsina e quimotripsina e provêm dos precursores tripsinogênio e quimotripsinogênio, respectivamente. Para tal conversão há necessidade de outra enzima local (de origem intestinal) denominada enteroquinase que será desdobrada e inativada por bactérias quando atingir o colon. Outra forma de proteção é a presença de uma substância inibidora de tripsina e quimotripsina para que ela seja inativada após seus efeitos necessários; a função das enzimas proteolíticas é desdobrar proteínas até a forma de polipeptídeos e aminoácidos.

As lípases transformam os lipídeos em glicerol e ácidos graxos que podem ser absorvidos pelos vasos linfáticos das vilosidades intestinais, enquanto que os outros produtos (originários de proteínas e amido) são absorvidos por via venosa das mesmas vilosidades. O material absorvido pelos linfáticos do mesentério se dirige para a cisterna do "quilo" e daí para o ducto torácico que deságua no coração, misturando-se ao sangue, enquanto que o material absorvido pelos capilares sanguíneos segue pelos vasos do mesentério e desemboca no sistema porta penetrando no fígado.

O suco pancreático é capaz de se modificar em termos percentuais (enzimas proteolíticas, amilolíticas e lipolíticas) de acordo com a alimentação, ou seja, ele se adapta à dieta; assim, se predominar uma dieta rica em caseína ocorrerá um aumento de enzimas proteolíticas. Algumas experiências mostraram que uma dieta com 18% de caseína apresenta o dobro de enzimas proteolíticas do que em dietas com 6% de caseína.

Secreção biliar – A secreção biliar pode ter dois trajetos distintos: nos animais com vesícula ela pode ir diretamente para o duodeno ou ser armazenada na vesícula biliar nos intervalos entre as refeições; nos animais sem vesícula, como o cavalo, ela tem fluxo constante para o duodeno (basal), mas, aumenta quando ocorre ingestão de alimentos. A bile dos animais sem vesícula é mais fluida do que aquela contida na vesícula; esta é mais xaroposa pela reabsorção de água.

A função da bile é basicamente facilitar a digestão das gorduras, pois, ela emulsifica os lipídeos facilitando a ação das enzimas lipolíticas, oriundas do pâncreas. O esvaziamento da vesícula se dá por contração da mesma e é promovido pela mesma CCK-PZ (duodenal) que estimula o pâncreas. A sigla CCK-PZ significa colecistocinina-pancreozimina e se pensava que eram duas substâncias diferentes (uma para o pâncreas e outra para a vesícula biliar). A descoberta que se tratava de uma mesma substância as siglas foram anexadas. Existem substâncias capazes de aumentar a secreção biliar e/ou sua eliminação; tais substâncias foram denominadas coléreticas. Entre elas estão os próprios sais biliares e a secretina; além disso, o estímulo vagal e a ingestão de alimentos (ação *post-prandial*) também aumentam seu fluxo. A falta de bile prejudica a digestão de gorduras o que leva a eliminação de fezes "graxas" e descoradas uma vez que a coloração fecal depende de pigmentos biliares.

Na bile podem se formar cálculos em função da precipitação de pigmentos biliares, cálcio e colesterol, sendo que em 45% dos casos os cálculos o cálcio está sob a forma de carbonato. A composição média dos cálculos apresenta 94% de colesterol; 4% de pigmentos e 1% de cálcio.

Vômito - os vômitos são de origem central (bulbar) ou periférica (irritação gástrica) e podem se dever a presença de toxinas na corrente circulatória que estimulam a chamada "zona do gatilho", no bulbo. Periféricamente pode ocorrer pela distensão ou irritação gástrica, como acontece com animais como o cão que ingere capim para forçar o vômito; assim como o cão tem facilidade em vomitar, há aqueles que não vomitam (cavalo, cobaia, rato). Quando desejamos evitar os vômitos podemos utilizar substâncias como a *metoclopramida*, ou a *clorpromazina*. Entre os vomitivos encontramos a apomorfina, a morfina, os digitálicos, ou ainda simplesmente água morna com sal ou água contendo água oxigenada em solução.

Absorção – A água, os minerais, as vitaminas hidrossolúveis não necessitam desdobramento para sua absorção, porém, as proteínas, os lipídeos e os açúcares necessitam sofrer transformações até atingirem formas mais simples e “leves”. As proteínas só podem ser absorvidas pela mucosa intestinal sob a forma de aminoácidos ou até tripeptídeos, porém, para entrarem na corrente circulatória precisam estar na forma de aminoácidos; os lipídeos se transformam em ácidos graxos e triglicérides para serem absorvidos pela mucosa intestinal, porém, só passam para o vaso linfático (por exocitose) sob a forma de quilomícrons (triglicérides + colesterol + fosfolipídios + proteína), ou para os vasos sanguíneos sob a forma de monoglicerídeos; os açúcares necessitam ser desdobrados até a forma mais simples (monossacarídeos) como glicose, galactose ou frutose para serem absorvidos pela mucosa intestinal, mas, dentro dela se transformam todos em *glicose* para entrarem na corrente circulatória e então são distribuídos às células ou armazenados no fígado sob a forma de glicogênio. Este sob ação da adrenalina pode se re-converter em glicose se houver grande demanda ou, aos poucos, de acordo com o consumo da glicose pelo organismo.

## SISTEMAS HOMEOSTÁTICOS

**Fome e saciedade** – A denominação *fome* pode ser definida como a vontade de se alimentar e não especifica o tipo de alimento, ou seja, a vontade se manifesta por sensação de vacuidade gástrica (estômago vazio). Quando um indivíduo deixa de se alimentar por várias horas ocorre uma sensação de aperto no estômago, gastralgia, contrações rítmicas do estômago e uma sensação de dor (dor da fome ou câimbras da fome). Muito embora tais sensações provenham do estômago vazio (contrações tônicas) elas podem aparecer mesmo quando se promove a gastrectomia (retirada total do estômago) o que significa que a dor da fome pode ter origem psíquica.

**Apetite** – O termo *apetite* é mais empregado quando o indivíduo tem fome específica, ou seja, a procura pelo alimento é direcionada e a pessoa (ou animal) deseja um tipo de alimento ou grupo de alimentos. Um bom exemplo é a procura por alimentos diferenciados diante de uma mesa de alimentos (como ocorre hoje nos restaurantes do tipo “self-service”), onde se escolhe o que se mais deseja.

Um outro tipo de fome específica pode ser aquele que se tem quando se deseja algum alimento salgado em vez de doce ou vice-versa; talvez esta procura específica se deva à diminuição de glicose ou de cloreto de sódio nos líquidos corporais.

**Saciedade** – Esta sensação ocorre quando o indivíduo se encontra com o estômago cheio (plenitude gástrica) após uma refeição satisfatória ou copiosa. Em longo prazo também pode ocorrer quando o indivíduo está com suas reservas corporais normais, ou seja, há boa disponibilidade de glicídios e lipídios em seus locais de armazenamento corporal.

Podemos dizer que o controle da fome e da saciedade pode estar regulado por mecanismos centrais (hipotálamo) e periféricos (glicemia, aminoacidemia, lipemia, dilatação ou vacuidade gástrica, trânsito esofágico de alimentos, ou seja, deglutição). Há ainda as causas psíquicas (ansiedade/depressão) e medicamentosas que podem estimular tanto quanto inibir (vários medicamentos que agem sobre os centros da fome e da saciedade), além de recursos cirúrgicos do estômago, bem como a colocação de corpos estranhos dentro do estômago para causar sensações de satisfação (presença física de balão de borracha).

Há no hipotálamo dois centros reconhecidos: o da fome e o da saciedade. O centro da fome se localiza em um núcleo denominado hipotálamo lateral enquanto que o centro da saciedade se encontra localizado nos núcleos ventro mediais do hipotálamo, entre os da fome e o terceiro ventrículo. Há indícios de que o centro da fome estaria sempre apto para induzir a fome e que o centro da saciedade o controlaria continuamente, liberando-o apenas quando há necessidade de se alimentar. Voltando às outras formas de estímulo podemos dizer que outras áreas do SNC podem participar da fome/saciedade através do corpo amigdalóide (ou amígdalas cerebrais) e do sistema límbico (comportamento) que se comunicam com o hipotálamo. Não podemos nos esquecer dos órgãos dos sentidos, tais como, olfato, paladar e visão (ligado ao corpo amigdalóide, que entre outras coisas causa cegueira psíquica para escolha dos alimentos). A própria destruição da referida amígdala pode levar ao aumento de consumo como a sua diminuição (dependendo da área destruída). Embora não esteja ligado ao tema em questão, a destruição da amígdala também pode levar a alterações sexuais em animais.

Regulação da ingestão de alimentos – Podemos dizer que há um controle bioquímico central (origem nutricional) e um controle periférico (mecânica ou de curto prazo).

A regulação bioquímica está ligada aos níveis de glicose e outros princípios nutritivos armazenados no corpo (glicogênio hepático, utilização de glicose pelas células, nível glicêmico que circula pelo hipotálamo, nível de AGVs que circulam pelo hipotálamo em herbívoros ruminantes ) e normalmente têm efeitos de longo prazo. Como a inibição em questão é regulada em grande parte pela glicemia a teoria foi denominada teoria glicostática. Uma outra teoria é a lipostática pelo fato das reservas de gordura terem efeito de longo prazo.

Alguns efeitos fisiológicos costumam ser de curto prazo pois, inibem a fome tão logo o estômago esteja cheio ( o que impede se continuar ingerindo alimento além do possível pela distensão gástrica) ; outros efeitos semelhantes foram registrados quando o alimento desce pelo esôfago e envia informações para o SNC , da mesma forma que ocorre na distensão gástrica. Caso não existisse tal mecanismo o indivíduo só estaria saciado após a absorção de glicose suficiente para inibir o centro da fome (teoria glicostática) o que levaria horas para a informação ser percebida e indivíduo continuaria comendo por várias horas.

**Mecanismo da sede** – O controle da sede é outro mecanismo ligado ao hipotálamo que através dos chamados “osmorreceptores” pode avaliar o grau de hidratação ou desidratação dos líquidos corporais existentes nos sangue, no meio extracelular (intersticial) e, em última análise, dentro das células. Há normalmente um desejo “objetivo” para a ingestão de água pela secura das mucosas (boca). Entretanto, antes do organismo ter consciência da sede o sistema de preservação da água já terá sido acionado através do ADH (hormônio antidiurético).O “centro da sede” se localiza no hipotálamo em uma pequena área situada à frente do chamado núcleo supra-optico do hipotálamo (que produz o ADH). Tal localização se denomina área pré-optica lateral e contém células expansíveis e contráteis (como no núcleo do ADH) e podem perceber a tonicidade dos líquidos que o atravessam (osmolaridade) que pode ser baixa, alta ou normal. Quando se injeta uma solução salina hipertônica na carótida de um animal, ela vai rapidamente ao hipotálamo e, logicamente ao núcleo receptor da osmolaridade, simulando aumento da mesma. Tal efeito enganoso faz com que o animal sinta sede e imediatamente procure água para saciar a “falsa sede”; no caso real a ingestão da sede também bloqueia a mesma pela dilatação do estômago (como na fome) e absorção irá diluir os líquidos corporais retornando sua osmolaridade para o nível correto (isomótico) e saciando a sede. O processo é tão sensível que basta uma pequena alteração (para mais) da concentração de sódio para que haja sede ; a alteração pode ser da ordem de 2 mEq/L (?) ou 4 mOsm/L (?).

Não devemos esquecer que a sobrecarga tubular renal de solutos (glicose, por exemplo) também pode acarretar sede pela excessiva diurese que causa; este é o caso dos diabéticos com açúcar alto, que ao eliminarem muita água pela urina (poliúria) acabam tendo muita sede (polidipsia) e assim ocorre um círculo vicioso (urina muito, bebe muito, e vice-versa).

## DIGESTÃO DOS RUMINANTES

A tomada do alimentos por parte dos ruminantes é feita com a ajuda da língua como se fosse uma “foice” que recolhe o alimento no pasto, cuja altura deve ser compatível com o movimento lingual. A mastigação não precisa ser tão prolongada pelo fato destes animais terem a possibilidade fisiológica de retornar o alimento à boca e ruminar.

Durante a ruminação os alimentos são triturados até atingirem o tamanho de partículas compatíveis com o trânsito pós-ruminal. Os alimentos que retornam da ruminação voltam ao interior do rúmen e tendem à sedimentação em função de seu maior peso específico.

Os poligástricos domésticos apresentam 4 cavidades gástricas ( 3 pré-gástricas e o estômago verdadeiro ou abomaso ), entretanto, pode ocorrer a presença de apenas 3 cavidades, uma vez que em certas espécies não domésticas há uma união indistinta entre rúmen e retículo. Nos animais ruminantes de grande porte a capacidade do rúmen-retículo pode chegar entre 150 e 210 Kg dependendo da raça (gado europeu, indiano etc...).

O "meio" que compreende o ambiente ruminal tem características que devem ser mantidas para seu bom funcionamento. Entre eles destacamos um pH ligeiramente ácido ( 6.5 ), temperatura entre 38,5 e 40 o C e ausência total (anaerobiose) ou quase total (microaeróbio) de oxigênio. Tais condições são essenciais para a sobrevivência da flora (bactérias) e da fauna (protozoários), além de fungos, embora haja controvérsia sobre sua permanência habitual ou eventual.

Quando os alimentos são ingeridos em quantidades adequadas há uma parada na ingestão por cerca de duas horas para que haja sedimentação em camadas e se inicie um processo de ruminação.

Durante a permanência no rúmen os microrganismos promovem processos fermentativos em seu proveito e que acabam gerando produtos de interesse do hospedeiro (ruminante). Tal processo degrada polissacarídeos naturais (celulose, amido, amilopectina, lignina), levando-os até a forma mais simples (monossacarídeos) . A partir daí são sintetizados ácidos graxos voláteis (A .G.Vs.) e gases ; os ácidos graxos são principalmente ácido acético, propiônico e butírico e os gases são o CO<sub>2</sub> e o CH<sub>4</sub> ( este último predomina quando há maior ingestão de celulose do que amido ).

A produção dos gases varia com a quantidade de alimento, sua freqüência, sua qualidade e com o estado de equilíbrio da flora e da fauna local.

Uma quantidade tida como média de gás produzido é de 600 litros/24 horas. Alguns exemplos podem ser dados: 5 litros/min em jejum ou 20 litros /min alimentado com alfafa.

[Clique aqui e assista a um vídeo \(em alemão\) sobre a digestão dos ruminantes](#)

### **Microflora**

O maior contingente de microrganismos é de bactérias que chegam a atingir a  $6 \times 10^{10}$  /ml de matéria ruminal, mas, pode haver alguma variação em função do tipo de alimento ( 0.9 a  $1.5 \times 10^{10}$  com feno ), com palha varia ( 0.4 a  $1.5 \times 10^{10}$  ) e usando alimentos concentrados o número sobe para  $5.0$  a  $6.0 \times 10^{10}$  .

Em virtude da qualidade do material aproveitado pelos microrganismos podemos ter uma variação da massa microbiana ruminal : assim, a alimentação com concentrados aumenta a massa microbiana chegando ao peso de 5,6 a te 7,0 kg e com fibras o rendimento é bem menor rendendo cerca de 2,8 a 3,5 Kg , com u'a média de 3,0 a 7,0 Kg.

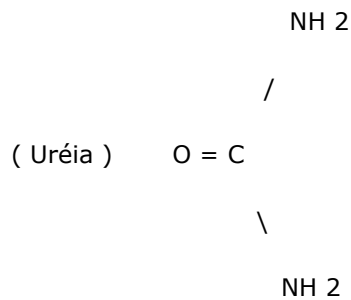
A flora bacteriana além de degradar a celulose, produzir monossacarídeos ainda constroem os ácidos graxos voláteis e sintetizam vitaminas como as do complexo **B** e a vitamina **K**, com rendimento variável de gases.

### **Regulação do pH do rúmen**

Vários podem ser os fatores : entre eles podemos citar a alimentação rica em concentrados ( pH mais ácido  $\pm 5,5$  ), alimentação rica em fibras brutas ( pH menos ácido  $\pm 6,4$  ), velocidade de reabsorção dos ácido graxos ( dependendo da permeabilidade da parede ruminal > maior na acidez ) o que regula a quantidade de ácidos no rúmen.Outro elemento bastante importante é a reingestão da saliva cujo pH é alcalino ( 8,1 a 8,3 ) pelo seu alto conteúdo em bicarbonatos. O valor do pH é muito importante para o bom processo fermentativo, pois, as experiências mostram que se o valor de pH cair de 6.57 para 6.04ocorre diminuição do processo fermentativo.

### **Uso de uréia**

A uréia é uma substância nitrogenada, não protéica (componente não orgânico) capaz de alimentar as bactérias ruminais que ao se multiplicarem aumentam o contingente protéico vegetal.



A partir daí podem ocorrer duas vias: a primeira é a morte de milhões de bactérias que liberam seus amino-ácidos constituintes os quais são a base da formação das proteínas aproveitadas pelo hospedeiro (ruminante). A segunda via é a ingestão de bactérias pelos protozoários que ao digeri-las transformam-nas em proteína animal (protozoários), incorporando-as. Mais adiante se verá como há uma diferença nutritiva entre elas.

A uréia pode ser usada como substituta das proteínas exógenas (alimentação), porém, tal substituição só pó pode ser feita em animais machos, para engorda ou vacas "secas". No caso de vacas em lactação a substituição não pode ser total, e varia de acordo com sua produção leiteira.

Como exemplo podemos citar a substituição de 93% de uréia por proteína em animais de manutenção (manutenção) ; em vacas de 15 litros/dia só se pode substituir em 13% por uréia e nas vacas de 30 litros a troca não pode ocorrer ( ou seja a troca é igual a zero ).

Proteínas bacterianas – Seu valor biológico é da ordem de 70% e sua digestibilidade é de 70%. Seu número é maior que 900 tipos.

### **Proteínas de protozoários**

Seu valor biológico é da ordem de 81% e a digestibilidade é de 91%. Isto mostra que os protozoários são melhor absorvidos que as bactérias e têm melhor capacidade alimentar. Seu número é menor do que o das bactérias e também menor número de variedades ( > que 200 tipos ).

A quantidade por grama de matéria ruminal é da ordem de 10<sup>6</sup> / grama sob condições normais, porém, a acidez diminui sua quantidade e o jejum de 5 a 7 dias é capaz de zerar totalmente os mesmos.

### **Necessidade de ácidos graxos**

Os adultos machos ou vacas "secas" devem absorver-los entre 300 a 400 gramas/dia e as vacas de leite (em lactação) necessitam absorver 800 gramas/dia.

### **Patologia**

As patologias de ruminantes são, obviamente, inúmeras. Entretanto, podemos citar a empactação (sobrecarga alimentar), meteorismo ou timpanismo, ingestão de corpos estranhos e outros.

### **DIGESTÃO NAS AVES**

O processo digestivo nas aves é bastante complexo se formos analisar a grande variedade de espécies de aves existentes em nosso planeta. Entretanto um dos pontos importantes em medicina veterinária é o estudo, basicamente, das aves domésticas e em especial o gênero *Gallus* ao qual pertencem galos e galinhas domésticas. O fato se reveste de grande importância por ser o Brasil o segundo maior exportador de frangos entre os países produtores.



De qualquer forma sempre que houver necessidade de comparações fisiológicas iremos citar aves que não são necessariamente as galinhas domésticas.

Inicialmente devemos nos reportar à cavidade bucal das aves e em especial à preensão dos alimentos pelo bico. Ao analisarmos o bico de uma ave já podemos ter em mente que tipo de alimento ela costuma ingerir e de que forma o faz. Comparemos o bico de um TROCHILIDAE (beija-flor) , e de uma galinha. Um beija-flor tem seu bico fino e alongado (provavelmente com variações, pois, há 319 espécies) que serve para captar o seu alimento em flores como os hibiscos, o que seria muito difícil para aves com bicos curtos. Uma galinha tem seu bico curto com a valva superior um pouco mais longa do que a inferior e se alimenta tipicamente de grãos (como o milho) e por isso são classificadas como *granívoras*, embora as galinhas de “terreiro” ou “caipiras” possam até ser onívora pelo fato de se alimentarem de diversos tipos de alimentos que lhes são oferecidos pelo criador. Se estivéssemos falando de um FALCONIFORME que pode preda pintos em terreiros, seu principal órgão prensor seria o par de garras que são curvas e pontudas e seu bico apresenta um “dente” que serve para devorar a presa. Pelo exposto podemos, até certo ponto, imaginar o tipo de alimento pela característica do bico e do aparelho digestivo que se segue à cavidade oral.

As galinhas, quando se alimentam de grãos, o fazem com rapidez e desta forma o tempo que o alimento permanece na cavidade oral é curto e assim denominamos “tempo bucal zero”. A deglutição na galinha é feita com a ajuda de um movimento de cabeça, jogando-a para frente, o que desloca o grão para trás e, a partir daí, o grão segue em direção ao papo por movimentos peristálticos; devemos nos recordar que a tomada de água também é feita de modo especial, pois, a galinha ingere a água com a valva inferior do bico e em seguida “olha” para cima para que a água desça por gravidade (não há ingestão como no homem ou no cão). Nos livros em idioma espanhol encontramos a frase *la gallina no bebe agua si no mira al cielo* o que caracteriza, bem, o que acontece.

A cavidade oral das galinhas é muito ampla e não apresenta limites precisos pela ausência do palato mole. Outra característica é o palato duro apresentar uma fenda longitudinal (normal). Talvez tal comunicação esteja relacionada com a ventilação pulmonar forçada para termorregulação (polipnéia térmica das aves) que é feita com o bico aberto. O processo digestivo na boca é quase inimaginável , pois, com tempo bucal zero não deve haver digestão como no homem . Há diversos autores que não confirmam a presença de uma amilase (ptialina), enquanto outros dizem que sua presença é mínima e não teria ação, pois, alimentos granulados e revestidos de celulose não poderiam ser digeridos por uma amilase, além do tempo bucal ser curto. Assim, a saliva teria apenas uma função mecânica, ou seja, lubrificação da cavidade oral, umectação do alimento, lubrificação do esôfago, eliminação de substâncias diversas passadas pela corrente sanguínea e outras.

Inglúvio ( ou papo ) – O papo é um divertículo do esôfago e pode ser considerado um pré-estômago (como em ruminantes) e serve para receber o material proveniente da cavidade oral. Pode ser bem desenvolvido nas aves granívoras (como nas galinhas no pato e no pombo), mas, também pode ser rudimentar ou estar ausente em outras aves (como aves carnívoras), dependendo de sua maior ou menor função, que no caso é armazenamento de grãos ou folhas (aves folhívoras). No caso do armazenamento de grãos (galinhas) os alimentos sofrem um amolecimento durante sua permanência o que facilitará sua digestão posterior. Após um período variável dentro do papo, este inicia movimentos peristálticos (vagais) dirigindo os grãos para o proventrículo (estômago verdadeiro). No interior do papo não há nenhuma secreção digestiva própria e qualquer fenômeno bioquímico de desdobramento poderá ocorrer por conta de enzimas vindas de fora com os alimentos ou de microrganismos ingeridos com alimentos. Há autores que apontam alguma digestão amilácea por conta da amilase salivar (que é pouca). Quanto à absorção, durante muito tempo se considerou o papo como incapaz de absorver qualquer substância. Entretanto, hoje se admite a absorção de substâncias nutritivas e de baixo peso molecular como ácido láctico, AGVs, álcool e outras. Pode haver pequena hidrólise de sacarose com absorção mínima ou duvidosa.

Leite de papo ou “leite de pombo” – Existem aves que produzem uma secreção nutritiva por ocasião da reprodução com finalidade de alimentar os filhotes. Trata-se de uma descamação da mucosa do órgão e foi denominada leite de papo. Tal produto é estimulado pela prolactina (hipofisária) e tal produto serve para ser regurgitado no bico dos filhotes enquanto não podem

deixar os ninhos em busca de alimento. O leite de papo apresenta cerca de 12,5% de proteína ; 8,6% de lipídios; 1,4% de minerais e o restante está representado pela água.

**Proventrículo** – O proventrículo é o estômago verdadeiro das aves e corresponde ao estômago dos carnívoros. É controlado pelo nervo vago e secreta o HCl, a pepsina, a gastrina (pouco conhecida sua função nas aves) e o muco nas aves. Dependendo da ave, o pH pode variar o que também pode afetar a transformação do pepsinogênio em pepsina. Tendo em vista que as pepsinas não são exatamente iguais, cada ave pode funcionar com sua pepsina em diferentes valores de pH. Já existem trabalhos mostrando que o pepsinogênio do pato tem 374 aminoácidos e enquanto que a pepsina tem 324. Seu pH ótimo está em torno de 4.0 e será inativado quando o pH atingir 9.6 .

Normalmente este compartimento está bastante desenvolvido em aves carnívoras e, rudimentar em aves granívoras. Assim, ele é pequeno no pato, pombo e galinha e grande em albatroz e gaivotas (exemplos). Histologicamente se diz que o proventrículo só apresenta um tipo celular (oxintico-pépticas) e que seriam responsáveis pelas secreções gástricas (HCl, pepsina e muco). O pH nas carnívoras tende a ser mais baixo do que nas granívoras. Alguns exemplos de pH são dados a seguir: galinhas-4.8; faisão-4,7; pombo-1.4; pato-3.4; perus-4.7 .

Nas aves carnívoras o pH pode ser mais baixo (3.0) e há citações de até 2.6 .

**Moela (ou ventrículo)** – A moela representa o que se denominou estômago mecânico das aves pelo fato de não apresentar sucos digestivos próprios e fazer a digestão dos grãos, previamente amolecidos no papo , através da pressão exercida por seus potentes músculos. A pressão pode atingir entre 100-150 Torr (na galinha) ou 180 Torr (nos patos) e com isso comprimir os grãos, fazendo uma verdadeira “moagem” dos mesmos; para isso a moela ainda conta com a presença de “pedriscos” no seu interior o que ajuda a trituração. Tais pedriscos penetram no aparelho digestivo quando as aves fazem a preensão de seus alimentos e podem chegar a 10 gramas nos patos; só não se tem idéia formada se a ingestão é voluntária ou acidental. Normalmente a ingestão só é feita por aves em regime “aberto”, ou seja, aves silvestres ou domésticas que estão soltas. Os pintos criados em sistema fechado não necessitam de tais pedriscos pois sua ração (inicial) é um farelo e não necessita de trituração. A moela apresenta contrações musculares rítmicas a cada 2 ou 3 minutos e duram em média 20 a 30 segundos. O pH da moela varia de 2.0 a 3.5 , mas , isto não quer dizer que seja por secreções locais e sim porque o material ácido provém do proventrículo (que fica situado próximo e antes da moela). Nas aves carnívoras a moela não necessita ser bem desenvolvida, pois, sua alimentação não é feita à base de grãos.

**Intestino delgado** – O intestino delgado das aves está dividido em duodeno, íleo superior e íleo inferior. Na realidade o íleo superior é o jejuno dos carnívoros e tal divisão parece obedecer (nas aves) a uma transição pouco nítida entre os dois segmentos. No duodeno desembocam os canais biliares e pancreáticos. Em geral o intestino das aves é relativamente bem mais curto do que o dos mamíferos e ainda ocorrem diferenças entre aves granívoras e carnívoras; o intestino das herbívoras e granívoras é mais longo do que o das carnívoras, e pelo que se deduz a digestão de vegetais (celulose) é mais lenta dos que as proteínas; as vilosidades das carnívoras são mais desenvolvidas do que as das herbívoras e

Com relação às glândulas anexas há citações de que o suco pancreático só está completo cerca dos sete dias de nascidos (pintos) e a bile só preenche a vesícula biliar só está repleta aos 28 dias após o nascimento. Outra citação sobre a bile é a presença de amilase na mesma (em galinhas) o que não foi descrito em outros animais, como os mamíferos.

**Intestino grosso** – Este segmento apresenta uma grande variedade entre a aves pelo fato de poder existir um único ceco, dois cecos, ceco rudimentar ou ausente e ceco bem desenvolvido, de acordo com a espécie. Nas galinhas, pombos e patos o ceco é duplo e bem desenvolvido, sendo que no gênero Gallus o ceco pode ter em média 15 cm em aves adultas. No final do intestino delgado há uma entrada para os dois cecos e estão separados por válvulas que controlam a entrada do alimento para o ceco bem como seu retorno para passar ao segmento posterior que é colon-reto (lembrar que o ceco é um segmento “cego” - sem saída). O colon-reto é o segmento final do intestino grosso e desemboca na cloaca, não havendo distinção para dividi-lo em dois segmentos (colon e reto) como nos mamíferos. Os cecos servem para

absorção de água, digestão da fibra bruta (celulose e ainda a lignina que pode ser utilizada entre 10 e 40% do total) além da síntese de vitaminas do complexo B e vitamina K. Ao final do intestino grosso ainda encontramos a cloaca que recebe ductos deferentes (macho), oviduto (fêmea em postura), fezes, ureteres (que podem vir direto dos rins - galinha) ou a partir da bexiga (como na avestruz). Há ainda sobre a cloaca a bolsa ( *bursa* ) de Fabrício, responsável pelos chamados linfócitos B.