Original Article

DESCRIÇÃO ANATÔMICA TOPOGRÁFICA DOS SACOS AÉREOS DE PATOS, *Anas platyrhynchos* (Aves: Anseriformes)

ANATOMICAL AND TOPOGRAPHIC DESCRIPTION OF THE AIR BAGS OF MALLARD, Anas platyrhynchos *(Aves: Anseriformes)*

Juliana Morgado de ARAÚJO[1]; José Roberto KFOURY JUNIOR[2]; Pedro Kastein Faria da Cunha BIANCHI[3]; Gregório Côrrea GUIMARÃES[4]; Patrícia Orlandini GONÇALEZ[1]

1. Médica Veterinária, Professora, Doutora, Universidade Camilo Castelo Branco, Campus Descalvado, SP, Brasil; 2. Professor, Doutor, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - FMVZ, Departamento de Cirurgia, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil; 3. Médico Veterinário. Mestrando em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres –FMVZ – USP, São Paulo, SP, Brasil. pedro.bianchi@usp.br**;** 4. Médico Veterinário, Professor, Doutor, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil

RESUMO: O sistema respiratório das aves é bastante eficiente com pulmões pequenos e compactos ligados a sacos aéreos que diferem entre as espécies. Dessa forma, objetivou-se realizar a descrição anatômica dos sacos aéreos em patos em relação à sua topografia. Para tanto, foram utilizados o trato respiratório pós-cefálico de quatro patos adultos, machos e fêmeas, injetados, via sondagem traqueal, com látex corado e fixados em solução de formol a 10%. Observou-se a presença dos sacos aéreos cervical, clavicular, torácico cranial, torácico caudal e abdominal. O saco aéreo cervical distribuiu-se nos dois antímeros, na região dorsal, localizando-se dorso-lateralmente a musculatura do pescoço. O saco aéreo clavicular apresentou-se com uma distribuição irregular, formando uma porção mediana e duas laterais com inúmeras projeções entre os órgãos das regiões cervical e torácica cranial, apresentando divertículos para os ossos coracóide, úmero e esterno. Sua porção mediana formou, em alguns casos, uma projeção ao redor do coração em "forma de saia". Os sacos aéreos torácicos craniais encontraram-se caudalmente ao coração, medialmente as quatro primeiras costelas, sendo sobrepostos pelo fígado. Os sacos aéreos torácicos caudais localizaram-se em uma posição média aos sacos aéreos torácico cranial e abdominal, estendendo-se além da margem da última costela, englobando a porção cranial do saco aéreo abdominal. Os sacos aéreos abdominais encontraram-se caudo-medialmente aos sacos aéreos torácicos caudais e lateralmente ao trato digestório. Os sacos aéreos torácicos e abdominais apresentaram poucas projeções entre os órgãos, possuindo margens regulares e grande capacidade de volume.

PALAVRAS-CHAVE: *Anas platyrhynchos*. Anatomia. Sistema Respiratório.

INTRODUÇÃO

O sistema respiratório das aves é extremamente eficiente e mais complexo do que em outros vertebrados de respiração aérea, difere dos pulmões dos répteis e mamíferos, sendo incrivelmente adaptado, satisfazendo as altas demandas metabólicas do vôo. Finas ramificações dos brônquios são desenvolvidas como parabrônquios tubulares, através dos quais o ar flui continuamente (HICKMAN et al., 2004).

Os pulmões das aves são proporcionalmente pequenos e compactos incapazes de grande expansão, entretanto, são ligados a nove sacos aéreos, os quais tem função de reservatório, já que não são revestidos por epitélio respiratório. Estes são: um saco interclavicular único, um par de sacos cervicais, um par de sacos torácicos craniais (anteriores), um par de sacos torácicos caudais (posteriores) e um par de sacos abdominais (ORR, 1986). Getty (1986) relata que em galinhas há a presença de apenas oito pares de sacos aéreos, já que os cervicais se fundem, ao contrário do que ocorre em patos, onde a característica par permanece como na maioria das espécies de aves.

Em um experimento realizado em perdizes (*Alectoris graeca*), a morfologia dos sacos aéreos é descrita com as mesmas características de outras aves. Porém nota-se a presença de um divertículo subcutâneo adicional ao saco aéreo torácico cranial e um divertículo do saco aéreo cervical visto caudalmente (KÜRTÜL et al., 2004).

Em termos funcionais, os sacos aéreos se comunicam com os brônquios e pulmões. Cada brônquio principal estende-se dos pulmões até os sacos aéreos caudais. Uma ramificação do brônquio principal também leva a grupos de passagens paralelas pequenas, os bronquíolos, que compõem a maior parte do pulmão. Outro ramo do brônquio vai dos bronquíolos aos sacos aéreos caudais e retorna ao brônquio principal. Dos bronquíolos, partem capilares aéreos diminutos, ramificados e anastomosados, que são circundados por capilares sanguíneos (CLAUDE et al., 1988).

Received: 26/11/12
Accepted: 05/06/13

Os sacos aéreos tem capacidade de expansão e possuem paredes finas revestidas por diferentes tipos de tecido epitelial que formam divertículos (BEZUIDENHOUT et al., 2011). Tais divertículos entram em diversos ossos e até mesmo estendem-se entre os músculos esqueléticos, funcionando principalmente na respiração, embora suas paredes pouco vascularizadas impeçam que tenham um papel de troca gasosa (ORR, 1986).

A vantagem de tal sistema é permitir que o ar chegue ao pulmão durante a expiração e a inspiração, formando uma corrente quase contínua de ar oxigenado pelos parabrônquios extremamente vascularizados (HICKMAN et al., 2004).

Por conterem ar aquecido, eles fornecem considerável flutuabilidade à ave (HICKMAN et al., 2004). Algumas das funções sugeridas são: diminuir o peso específico do corpo; reduzir a fricção das partes em movimento durante o vôo; auxiliar a redução da temperatura do corpo, particularmente, durante os períodos ativos; facilitar a espermatogênese, por meio da redução da temperatura dos testículos; aumentar a flutuação das aves aquáticas; e servir como almofadas pneumáticas para absorção do impacto nas aves que mergulham a partir do ar (ORR, 1986; ROMER; PARSONS, 1985). Um mecanismo de produção de sons está associado às vias aéreas (CLAUDE et al., 1988). Os sacos cervicais podem desempenhar um papel impressionante nas cerimônias pré-nupciais (HELMUT, 1997).

Devido à escassez de dados referentes à fisiologia e anatomia dos sacos aéreos, é de grande importância, já que muitas doenças das aves acometem os mesmos, podendo causar comprometimento sistêmico e, consequentemente, desencadear um elevado grau de prejuízo econômico (MINHARRO et al., 2001). Assim, objetivou-se descrever as características de forma e topografia dos sacos aéreos de patos, contribuindo com o conhecimento da anatomia específica, comparada e clínica.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do experimento, foram utilizados quatro cadáveres de patos domésticos adultos, sendo um macho e três fêmeas, os quais foram doados, após seu óbito, por produtores da região.

As aves foram preparadas após um tempo máximo de 30 minutos após seu óbito. Para tanto, tiveram seu trato respiratório injetado, via sondagem traqueal, por Neoprene látex 70% corado em vermelho por pigmento específico, até a percepção, por visualização subcutânea, do preenchimento dos sacos aéreos. Logo após, os animais foram injetados, por via intramuscular e intracavitária, com solução aquosa de formol a 10% e submergidos em recipientes com esta mesma solução para a sua fixação, armazenamento e conservação.

Após a fixação, as aves tiveram sua cavidade celomática aberta e dissecada para a observação dos sacos aéreos. Para tanto, foram realizas duas incisões laterais, atingindo a musculatura caudal e desarticulando as costelas em suas porções esternais e torácicas, favorecendo cranialmente o rebatimento das estruturas ventrais. Os sacos aéreos foram dissecados, individualizados e, analisados quanto às suas relações topográficas. Os dados foram transferidos para fichas individuais e foram confeccionados desenhos esquemáticos para a marcação representativa dos casos.

As observações foram agrupadas e relacionadas e os resultados confrontados com a literatura, buscando a sugestão de características morfofuncionais e comparativas da espécie.

RESULTADOS

Após as dissecações, observaram-se os sacos aéreos clavicular, cervical, torácico cranial, torácico caudal e abdominal (Figura 1) em patos domésticos adultos, sendo que os três últimos demonstraram formações bilaterais sem interligações por câmaras medianas, conforme visto nos demais.

Saco aéreo cervical

O saco aéreo cervical (Figura 2A) apresentou-se como uma formação única na região média e caudal cervical, limitando-se com a região cranial torácica. Sua morfologia foi caracterizada por duas câmaras laterais interligadas por uma mediana dorsal a musculatura do pescoço. Em um caso, a câmara lateral esquerda não estava desenvolvida. Em outro caso, observou-se que a câmara mediana não se ligava completamente às porções laterais, formando uma projeção mediana ventral destas últimas à musculatura do pescoço.

Em sua distribuição, formaram-se divertículos que adentraram as vértebras cervicais adjacentes, provenientes das porções laterais. Considerou-se, ainda, a formação de duas ligações mediais caudais com o pulmão.

Sua sintopia pode ser descrita como ventral ao pulmão; dorsal ao saco aéreo clavicular, traquéia e esôfago; e ventro-cranial ao saco aéreo torácico cranial.

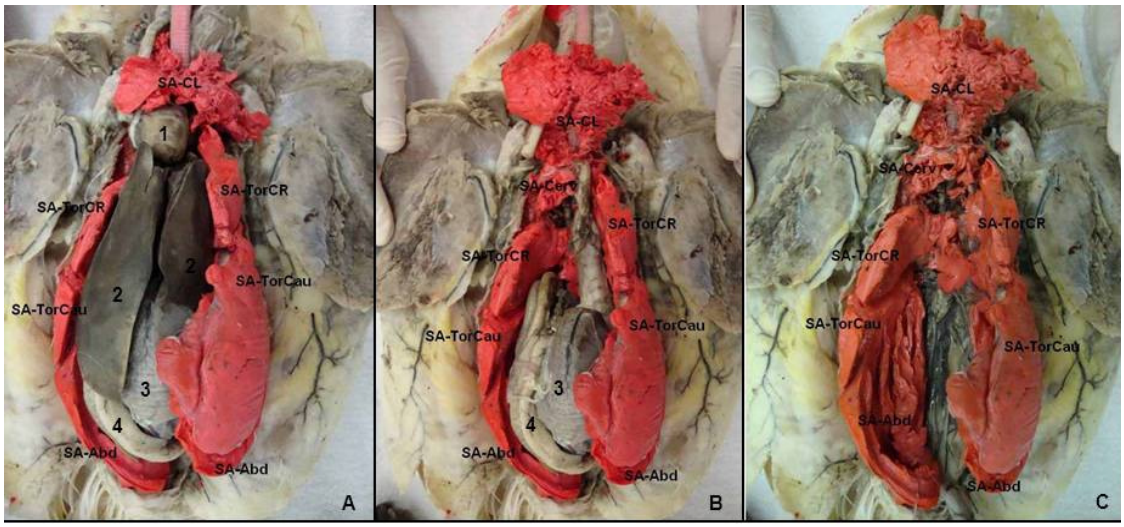


Figura 1. Fotomacrografias da vista ventral da região cervical e cavidade celomática de um pato, evidenciando a sequência de dissecação para observação dos sacos aéreos, com a retirada de órgãos (A, B e C) e rebatimento cranial do saco áereo clavicular (B e C). 1 - coração; 2 - fígado; 3 - estômago mecânico; 4 - Intestino; SA-CL - saco aéreo clavicular; SA-Cerv - saco aéreo cervical; SA-TorCR - saco aéreo torácico cranial; SA-TorCau - saco aéreo torácico caudal; SA-Abd - saco aéreo abdominal.

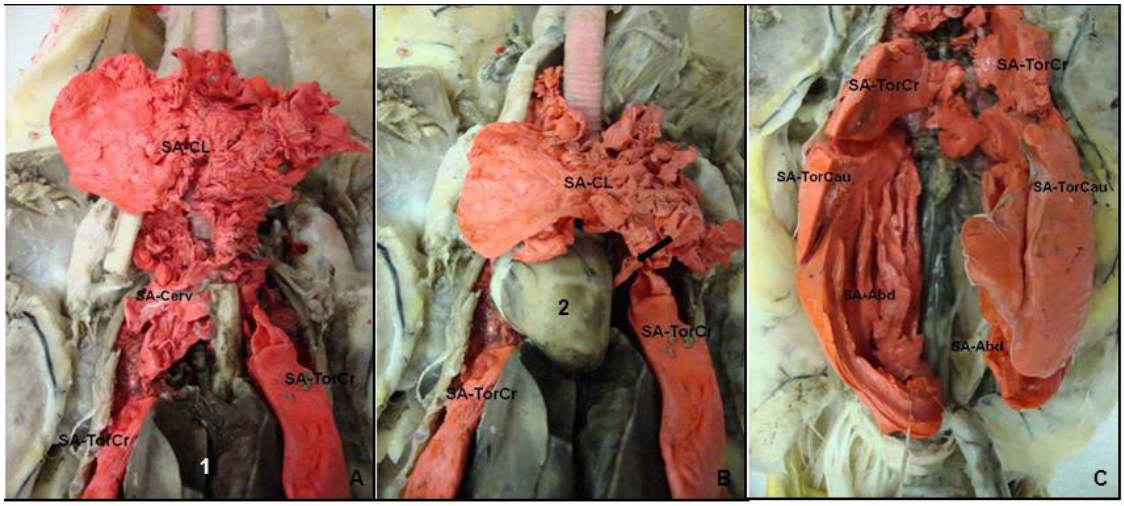


Figura 2. Fotomacrografias da vista ventral da região cervical e cavidade celomática de um pato, evidenciando o saco aéreo cervical a partir do rebatimento cranial do saco áereo clavicular (A), o saco aéreo clavicular (B) com sua formação contornando dorsalmente o coração (seta) e a formação par dos sacos aéreos torácicos cranial e caudal e abdominal. 1 - fígado; 2 - coração; SA-CL - saco aéreo clavicular; SA-Cerv - saco aéreo cervical; SA-TorCR - saco aéreo torácico cranial; SA-TorCau - saco aéreo torácico caudal; SA-Abd - saco aéreo abdominal.

Saco aéreo clavicular

O saco aéreo clavicular (Figura 2B) apresentou-se na região cérvico-torácica, formando três câmaras interligadas em 75,0% dos casos, sendo uma mediana e duas laterais, as quais foram subdivididas em porções cranial e caudal. A porção mediana representou uma ligação entre as porções laterais, localizada adjacente e ventral ao coração e medial à clavícula. Em um caso observou-se sua disposição em torno de todo o coração, formando uma "saia" de delimitação.

Em um caso pode-se perceber a formação de quatro câmaras, duas medianas e duas laterais. As porções medianas mantiveram uma disposição cranial e caudal interligando as respectivas câmaras laterais. Seu formato irregular possibilitou uma descrição de sintopia abrangente: ventro-lateral ao esôfago, traquéia e musculatura do pescoço; ventral

ao saco aéreo cervical; ventro-cranial ao coração; cranial ao saco aéreo torácico cranial; dorsal aos ossos esterno, clavícula e coracóide; e ventral ao pulmão.

Foram perceptíveis de duas a quatro ligações caudais com o pulmão e divertículos para os ossos coracóide, clavícula, escápula e esterno, provenientes de todas as câmaras, não seguindo um padrão. Os divertículos de maior número foram destinados ao osso esterno, que recebeu de três a quatro prolongamentos das câmaras em direção às suas porções laterais (100,0%) e mediana (75,0%).

Saco aéreo torácico cranial

O saco aéreo torácico cranial (Figura 2C) apresentou-se como uma estrutura bilateral de simetria imperfeita na região torácica, estendendo-se da primeira até a quarta costela em 50,0% dos casos, da terceira a sétima costela (antímero esquerdo), da quarta a sétima (antímero direito) em 25,0% , da segunda a quinta (antímero esquerdo) e da terceira a sexta costela (antímero direito) em 25,0%.

Em 50,0% dos casos o saco aéreo torácico cranial direito formou uma projeção medial que se estendeu dorsalmente aos órgãos medianos da região até o antímero esquerdo, porém sem manter ligação com o saco aéreo deste lado.

Foi possível observar de uma a quatro ligações mediais craniais com o pulmão e a seguinte sintopia: ventro-crânio-medial ao saco aéreo torácico caudal; caudal ao saco aéreo cervical; caudo-dorso-lateral ao coração, ventral ao pulmão; e lateral ao fígado.

Saco aéreo torácico caudal

O saco aéreo torácico caudal (Figura 2C) mostrou-se como uma estrutura bilateral assimétrica na região tóraco-abdominal, estendendo-se da segunda, terceira, quarta ou quinta costela até caudal a sétima e última costela, sendo que sua superfície parietal apresentou impressões costais devido ao íntimo contato lateral com as mesmas.

Sua formação foi regular sem divertículos viscerais em uma disposição média aos sacos aéreos torácico cranial e abdominal, os quais englobaram-no, construindo um encaixe crânio-caudal entre estas três estruturas em ambos os antímeros. Além disso, manteve uma relação ventral ao pulmão; lateral ao rim e trato reprodutivo, lateral ao fígado, alças intestinais (antímero direito) e estômago mecânico (antímero esquerdo). Sua ligação com o pulmão foi representada por um ou dois braços para cada antímero, normalmente com saída medial cranial.

Saco aéreo abdominal

O saco aéreo abdominal (Figura 2C) apresentou duas câmaras laterais de disposição abdominal, estendendo-se das últimas costelas até a região ventral ao sinsacro, formando, em todos os casos, uma ligação cranial para cada antímero com o pulmão. Sua face parietal crânio-lateral encontrou-se apoiada na face visceral do saco aéreo torácico caudal, sendo que somente sua porção caudal manteve relação direta com a parede corpórea. Sua face visceral apresentou impressões relativas às alças intestinais, no antímero direito e ao estômago mecânico ("moela") no antímero esquerdo.

DISCUSSÃO

Os sacos aéreos claviculares tiveram um formato assimétrico e, como descrito por Orr (1986), apresentou-se como uma câmara única. Porém, se notou porções de distribuição lateral que eram interligadas por uma formação mediana em todos os casos, o que sugere um grau de simetria interna.

Os sacos aéreos cervicais são descritos em galinhas (GETTY, 1986) e em perdizes (KÜRTÜL et al., 2004) como uma câmara principal com divertículos. Nos exemplares dissecados, pode-se observar câmaras laterais interligados por uma formação mediana, o que descaracteriza a formação bilateral deste, contrariando o descrito para patos por Getty (1986).

O não desenvolvimento da câmara lateral esquerda do saco aéreo cervical em um caso pode ser devido ao não completo preenchimento deste pelo látex, assim como ocorreu em um caso, em sua câmara mediana. Tal fato deve-se a este saco aéreo ser comprimido pelos órgãos da região, o que dificulta a impregnação de seu interior por um conteúdo mais denso após a morte do animal.

Os formatos dos sacos aéreos clavicular e cervical foram bastante irregulares quando comparados com os torácicos e abdominais. Tal fato está de acordo com os autores consultados e podem explicar o motivo de uma maior formação de divertículos nesses sacos aéreos em relação aos demais.

A variação de disposição em relação às costelas pelos sacos aéreos torácicos deve ter ocorrido devido a sua distensão ou deslocamento diferenciado, o que pode ter sido provocado pela estática visceral fisiológica, ou seja, a relação dos órgãos da região de acordo com o funcionamento e conformação no período do óbito do animal. Getty (1986) descreve a relação deste saco aéreo sendo feito com as cinco costelas esternais e com uma

pequena parte das extremidades distais da quarta, quinta e sexta costelas vertebrais, sem comentar se ocorre variação nesta relação topográfica, impossibilitando o confronto dos dados.

A formação de uma projeção mediana do saco aéreo torácico cranial direito pode representar um divertículo visceral deste, porém nenhum autor consultado descreve tal formação, o que dificulta a interpretação deste achado.

Os sacos aéreos torácicos e abdominais tiveram um tamanho compensatório entre os antímeros, mas sem predisposição entre estes.

De acordo com Claude et al. (1988), todos os sacos aéreos possuem uma comunicação com o pulmão, estando de acordo com os achados deste trabalho, onde em todos os sacos aéreos estudados pode-se verificar as comunicações que se direcionavam ao pulmão. Apesar de relatadas, acredita-se que nem todas essas ligações puderam ser observadas em sua totalidade. Isso pode ocorrer pela resistência do material injetado (látex), que não permite uma representação fidedigna destas formações.

Além das comunicações entre os sacos aéreos e os pulmões, é possível a visualização dos divertículos que adentram os ossos, confirmando as observações de (BEZUIDENHOUT et al., 2011). A não visualização de divertículos adentrando na musculatura pode ser devido ao não preenchimento do látex.

Observou-se que os sacos aéreos dos patos possuem uma íntima relação com os órgãos cervicais e da cavidade celomática, o que sugere sua real participação nas funções descritas pelos tratadistas clássicos como Orr (1986).

CONCLUSÕES

Os sacos aéreos nesta espécie apresentam-se em número de oito, sendo um cervical, um clavicular, dois torácicos craniais, dois torácicos caudais e dois abdominais.

A formação de divertículos ocorre principalmente nos sacos aéreos clavicular e cervical o que decorre, possivelmente, de sua maior formação irregular quando comparados aos demais sacos aéreos.

De uma forma geral, os sacos aéreos entremeiam-se entre os órgãos da região cervical e cavidade celomática, em uma formação mais lateral a partir dos sacos aéreos torácicos, mantendo íntima relação com os órgãos dessas.

ABSTRACT: The respiratory system of birds is very effective, comprised by small and compact lungs associated with air sacs that differ between species regarding their topography. Considering this latter aspect, this work aimed to perform an anatomical and topographical description of the air sacs in mallard (*Anas platyrhynchos)*. Ten mallards, five males and five females, had theirpost-cephalic respiratory tract injected with colored latex and fixed by a 10% formaldehyde solution. The presence of cervical, clavicular, cranial thoracic, caudal thoracic and abdominal air sacs was observed. The cervical air sac was distributed in both antimeres situated dorso-laterally to the muscles of the neck. The clavicular air sac presented an irregular distribution, showing a middle and two lateral parts with numerous projections between the cervical and cranial thoracic organs and presenting several diverticula to the coracoids , sternum and humerus bones. Its middle portion formed, in some cases, a projection around the heart. The cranial thoracic air sacs were found caudal to the heart, medially to the first four ribs, being overplayed by the liver. The caudal thoracic air sacs were located in a middle position to the cranial thoracic and abdominal air sacs extending beyond the edge of the rib, over the cranial portion of the abdominal air sac. The abdominal air sacs were found caudal-medial to the caudal thoracic air sacs and lateral to the digestive tract. The thoracic and abdominal air sacs presented few projections between the organs, has and showed regular margins and a high volumetric capacity.

KEYWORDS: *Anas platyrhynchos*. Anatomy. Respiratory system.

REFERÊNCIAS

BEZUIDENHOUT, A.; MONDAL, S. P.; BUCKLES, E. L. Histopathological and immunohistochemical study of air sac lesions induced by two strains of infectious bronchitis vírus. **J. Comp. Pathol.,** Ithaca, v. 145, n. 4, p. 319-326, 2011.

CLAUDE, A. V.; WARREN, F. W.; ROBERT, D. B. **Zoologia Geral**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 816p.

GETTY, R. **Sisson/Grossman Anatomia dos animais domésticos**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 2000p.

HELMUT, S. **Ornitologia Brasileira**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 912p.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Principios integrados de Zoologia**. 11ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 158p.

KÜRTÜL, I.; ASLAN, K.; AKSOY, G.; ÖZCAN, S. Morphology of the air sacs (*sacci pneumatici*) in the rock partridge (*Alectoris graeca*). **Vet. Res. Commun.,** Kafkas, v. 28, n. 7, p. 553-559, 2004.

MINHARRO, S.; LINHARES, G. F. C.; ANDRADE, M. A.; ROCHA, P. T.; SANTANA. A. P. Envolvimento de *Escherichia coli*, de *Mycoplasma gallisepticun* e da *Mycoplasma synoviae* em lesões de sacos aéreos de frangos abatidos no estado de Goiás. **Ciência Animal Brasileira,** Goiânia, v. 2, n. 2, p. 111-117, 2001.

ORR, R. T. **Biologia dos Vertebrados**. 5ª. ed. São Paulo: Rocca, 1986. 508p.

ROMER, A. S.; PARSONS, T.S. **Anatomia comparada dos vertebrados**. 5ª ed. São Paulo: Atheneu, 1985. 559p.