

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**ESTUDO DO CRÂNIO DE CAPIVARAS (*Hydrochoerus
hydrochaeris*). CRANIOMETRIA, RADIOGRAFIA E
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA 3D**

FERNANDA MARA ARAGÃO MACEDO PEREIRA

Botucatu – SP

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**ESTUDO DO CRÂNIO DE CAPIVARAS (*Hydrochoerus
hydrochaeris*). CRANIOMETRIA, RADIOGRAFIA E
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA 3D**

FERNANDA MARA ARAGÃO MACEDO PEREIRA

Dissertação apresentada junto ao Programa
de Pós-Graduação em Animais Selvagens
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Cesar
Schimming

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Pereira, Fernanda Mara Aragão Macedo.

Estudo do crânio de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*)
: craniometria, radiografia e tomografia computadorizada 3D
/ Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária
e Zootecnia

Orientador: Bruno Cesar Schimming

Capes: 50501003

1. Capivaras - Anatomia. 2. Crânio - Medição.
3. Craniometria. 4. Osteologia. 5. Radiologia. 6. Diagnóstico
por imagem.

Palavras-chave: Anatomia; Caviomorfo; Osteologia; Roedor.

Nome do autor: **Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira**

**TÍTULO: ESTUDO DO CRÂNIO DE CAPIVARAS (*Hydrochoerus hydrochaeris*),
CRANIOMETRIA, RADIOGRAFIA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
3D**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruno Cesar Schimming

Presidente e orientador

Departamento de Anatomia

Instituto de Biociências – UNESP – Botucatu

Profa. Dra. Maria Jaqueline Mamprim

Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP – Botucatu

Profa. Dra. Isabela Cristina de Souza Marques

Departamento de Patologia e Medicina Legal CEMEL

Faculdade de Medicina – USP – Ribeirão Preto

Data da Defesa: 16 de Agosto de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao meu orientador, Dr. Bruno Schimming, por sua disposição e por ter oferecido o seu tempo e todo o material necessário para a realização desse projeto, assim como todo o auxílio necessário para que ele se concretizasse da melhor forma.

Agradeço imensamente também esse trabalho a todos os colegas de profissão que me acompanharam nessa nova etapa e, de uma forma ou de outra, me ajudaram a trilhar esse caminho da pesquisa, tanto como companheiros de turma quanto no auxílio à coleta de dados.

Agradeço à Profa. Maria Jaqueline por ter me disponibilizado o horário, o equipamento e as ótimas pessoas que me ajudaram na coleta de dados desse trabalho.

Agradeço de coração ao meu namorado, Alexandre, pelas horas doadas em meu auxílio para que o resultado dessa pesquisa fosse cada dia melhor, e por todo o esforço e dedicação para me ajudar a alcançar esse objetivo e todos os outros.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Obrigada a todos.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Média (cm) e desvio padrão (\pm cm) das medidas craniométricas em capivaras (<i>H. hydrochaeris</i>) nas vistas dorsal e lateral esquerda.....	24
TABELA 2. Média (cm) e desvio padrão (\pm cm) das medidas craniométricas em capivaras (<i>H. hydrochaeris</i>) nas vistas ventral, caudoventral e mandibular lateral.....	25
TABELA 3. Média e desvio padrão dos índices craniométricas de capivaras (<i>H. hydrochaeris</i>).....	25
TABELA 4. Valores de média (mm) e desvio padrão (\pm mm) das medidas craniométricas de oito capivaras (<i>H. hydrochaeris</i>) agrupadas por faixa etária.....	26

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Imagens fotográficas dos pontos para a medição craniométrica realizada nos crânios de capivaras nas vistas dorsal (a) e lateral esquerda (b). AC: altura do crânio (do parietal ao básico). ADO: altura diagonal da órbita (frontolacrimar ao processo zigomático do osso temporal). AFZ: altura do frontal ao zigomático. AO: altura da órbita. AZ: altura máxima do zigomático. CC: comprimento do crânio (do ínio ao próstio). CF: comprimento do focinho (processo nasal do incisivo à extremidade rostral do osso incisivo). CIN: comprimento do frontal (sutura frontoparietal ao processo nasal do incisivo). CN: comprimento do neurocrânio (do ínio ao násio). CN1: comprimento nasal medial (processo medial do nasal ao processo frontal do nasal). CN2: comprimento nasal lateral (processo lateral do nasal ao processo nasal do incisivo). CP: comprimento parietal (sutura frontoparietal medial ao occipital). CV: comprimento do viscerocrânio (do násio ao próstio). LMF: largura máxima do frontal. LN: largura máxima do neurocrânio (máxima parietal). MMN: largura mínima do frontal.....**11**

FIGURA 2. Imagens fotográficas dos pontos para a medição craniométrica realizada nos crânios de capivaras nas vistas ventral (a), caudoventral (b) e lateral da mandíbula (c). AFM: altura do forame magno. ATO: altura do triângulo occipital (do ínio ao básico). CBC: comprimento da base do crânio (do básico ao próstio). CCB: comprimento condilobasal (dos côndilos ao próstio). CCE: comprimento do côndilo occipital. CD: comprimento do diastema (máximo do osso incisivo à base do pré-molar). CID: comprimento da incisura dorsal (da incisura ao básico). CM: comprimento da mandíbula. LCO: largura máxima entre os côndilos occipitais. LFM: largura máxima do forame magno. LFP: largura fronto-parietal. LIM: largura intermaxilar (lateral aos terceiros molares). LPC: largura máxima entre os processos paracondilares. LZ: distância máxima interzigomática. M12: comprimento dos molares 1 e 2. M3: comprimento do terceiro molar. M3L: largura máxima do terceiro molar. M3M: largura mínima do terceiro molar. ML: comprimento dos molares. PAL: comprimento do palato. PBI: largura da base do incisivo. PM: largura do incisivo.....**12**

FIGURA 3. Imagem fotográfica na vista lateral esquerda (a), reconstrução 3D (b), imagem radiográfica (c) e corte sagital da reconstrução tomográfica 3D (d) do crânio de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Corpo do osso incisivo; 2. Osso incisivo; 3. Osso nasal; 4. Osso lacrimal; 5. Osso frontal; 6. Forame óptico; 7. Forame órbita-redondo; 8. Osso parietal; 9. Osso occipital; 10. Dente incisivo superior; 11. Dente incisivo inferior; 12. Osso

maxilar; 13. Forame mental; 14. Crista lateral; 15. Forame maxilar; 16. Processo zigomático do maxilar; 17. Forame lacrimal; 18. Forame etmoidal; 19. Osso zigomático; 20. Forame alar rostral; 21. Processo zigomático do temporal; 22. Fossa massetéica; 23. Crista massetéica; 24. Bula timpânica; 25. Osso temporal; 26. Meato acústico externo; 27. Processo angular; 28. Nasoturbinados; 29. Cavidade nasal; 30. Etmoturbinados; 31. Seio frontal; 32. Protuberância occipital externa; 33. Mandíbula; 34. Dente pré-molar; 35. Primeiro molar; 36. Segundo molar; 37. Terceiro molar; 38. Cêndilo occipital; 39. Atlas; 40. Lâmina perpendicular do osso etmoide; 41. Lâmina crivosa do osso etmoide; 42. Basisfenóide; 43. Arco zigomático.....**20**

FIGURA 4. Imagem fotogrâfica ventral (a; c), dorsal (b) e radiografia dorsoventral (d) do crânio de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Incisivo superior; 2. Forame interincisivo; 3. Vômer; 4. Forame incisivo; 5. Osso maxilar; 6. Crista palatina; 7. Osso palatino; 8. Osso pré-esfenóide; 9. Osso pterigoide; 10. Osso basisfenóide; 11. Bula timpânica; 12. Cêndilo do occipital; 13. Protuberância occipital externa; 14. Processo zigomático do osso maxilar; 15. Osso zigomático; 16. Processo zigomático do osso temporal; 17. Fossa mandibular; 18. Processo paracondilar; 19. Forame magno; 20. Osso occipital; 21. Processo alveolar do osso incisivo; 22. Processo medial do osso nasal; 23. Processo lateral do osso nasal; 24. Osso nasal; 25. Osso incisivo; 26. Processo nasal do incisivo; 27. Osso lacrimal; 28. Osso frontal; 29. Osso parietal; 30. Osso occipital; 31. Processo frontal do nasal; 32. Processo nasal do frontal; 33. Fossa temporal; 34. Incisivo inferior; 35. Sínfise intermandibular; 36. Mandíbula; 37. Processo angular da mandíbula.....**21**

FIGURA 5. Imagem fotogrâfica caudal (a) e reconstrução da TC 3D (b) do crânio de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Protuberância occipital externa; 2. Parte lateral do osso occipital; 3. Cêndilo occipital; 4. Processo paracondilar; 5. Escama occipital; 6. Lâmina crivosa do etmoide; 7. Forame magno; 8. Atlas.....**22**

FIGURA 6. Imagem fotogrâfica dorsal (a), lateral esquerda (b), craniolateral direita (c) e mediocaudal (d) da mandíbula de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Incisivo inferior; 2. Sínfise intermandibular; 3. Pré-molar; 4. Primeiro molar; 5. Segundo molar; 6. Terceiro molar; 7. Cêndilo mandibular; 8. Processo angular; 9. Crista lateral; 10. Processo coronoide; 11. Fossa pterigoide; 12. Forame mental; 13. Incisura sigmoide; 14. Processo pós-condilar; 15. Incisura angular; 16. Fossa massetéica; 17. Corpo da mandíbula; 18. Forame mandibular; 19. Angulação dentária.....**23**

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	4
ARTIGO CIENTÍFICO.....	7
REVISÃO DE LITERATURA.....	36
1. A espécie <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	36
2. Estudos anatômicos de <i>H. hydrochaeris</i>	38
3. Estudos craniométricos em animais	42
4. Estudos imaginológicos em animais	43
REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	52

PEREIRA, F.M.A.M. Estudo do crânio de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Craniometria, radiografia e tomografia computadorizada 3D. Botucatu, 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Clínica Cirúrgica, Saúde e Meio Ambiente) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

Os estudos anatômicos aplicados ao conhecimento médico veterinário, como às áreas de cirurgia, anestesia e diagnóstico por imagem são cruciais para uma correta avaliação e abordagem do animal. As capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), os maiores roedores do mundo, são mamíferos encontrados em todo o território brasileiro. Devido a sua ampla distribuição, necessitam-se descrições detalhadas sobre a espécie, dentre elas sobre sua anatomia craniana. Este estudo visou identificar as estruturas cranianas de capivaras em peças anatômicas e imagens radiológicas. Foram utilizados oito crânios e duas cabeças descongeladas para a identificação osteológica, radiográfica e tomográfica das suas estruturas. Foram realizadas medidas craniométricas para as diferentes partes do crânio e calculados os índices cefálicos. O crânio da capivara pode ser dividido em uma parte cranial (neurocrânio) e uma parte facial (viscerocrânio). As capivaras apresentaram um crânio mais robusto e retangular, alongado rostro-caudalmente, adelgado na região nasal e levemente convexo na região parietal. O arco zigomático é expandido e largo, a órbita possui um formato circular, o forame infraorbital é bastante desenvolvido, os meatos acústicos externos e as bulas timpânicas são relativamente pequenos e os processos paracondilares são grandes. Estas características anatômicas são compatíveis com o hábito alimentar e com o modo de vida semi-aquático das capivaras, o que pode ser comparado com características reportadas para animais de hábitos similares. A imagem radiográfica permitiu identificar estruturas como o seio frontal, ao passo que a reconstrução tomográfica 3D foi essencial para se ter uma visualização de forma espacial do crânio da capivara.

Palavras-chave: anatomia, caviomorfo, osteologia, roedor, tomografia computadorizada

PEREIRA, F.M.A.M. Study of skull in the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Craniometry, Radiography, and 3D Computed Tomography. Botucatu, 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Clínica Cirúrgica, Saúde e Meio Ambiente) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The anatomical studies applied to veterinary medical knowledge, such as the areas of surgery, anesthesia and diagnostic imaging are pivotal for a correct evaluation and approach of the animal. The capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), the largest rodents of the world, are mammals found throughout the Brazilian territory. Despite their wide distribution, detailed descriptions about the species are needed, among them about their cranial anatomy. This study aimed to identify the cranial structures in skulls and radiological images in the capybaras. Eight skulls and two thawed heads were used for the osteological, radiographic and tomographic identification of their structures. Craniometric measurements were performed for the different parts of the skull and the cephalic indexes were calculated. The skull of the capybara can be divided into a cranial part (neurocranium) and a facial part (viscerocranium). The capybaras had a more robust and rectangular skull, elongated face-caudally, thinned in the nasal region and slightly convex in the parietal region. The zygomatic arch is expanded and wide, the orbit has a circular shape, the infraorbital foramen is well developed, external acoustic meatus and tympanic bullae are relatively small and the paracondillar processes are large. These anatomical characteristics are compatible with the eating habit and semi-aquatic life of capybaras, which can be compared with characteristics reported for animals of similar habits. The radiographic image allowed to identify structures such as the frontal sinus, whereas 3D tomographic reconstruction was essential to have a spatial view of the skull of the capybara

Key words: anatomy, caviomorph, osteology, rodent, computed tomography

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) é um mamífero de grande porte pertencente à ordem Rodentia, subordem Hystricognathi, e família Caviidae. É considerado o maior roedor do mundo, pesando em média 50 kg e medindo cerca 1 m de comprimento e 0,5 m de altura. São animais semiaquáticos, herbívoros, de hábitos sociais gregários e territorialistas (1–4). Apresentam o corpo arredondado, com uma curvatura moderada na coluna vertebral, cauda vestigial, membros curtos em relação ao seu volume corporal, possuindo membranas interdigitais nos mesmos, pescoço curto e volumoso, cabeça grande e focinho obtuso, lábios superiores fendidos (1,5) pelagem longa, espessa e abundante com uma coloração variando de castanho-avermelhada a cinzenta (6) e olhos, narinas e orelhas localizados em um mesmo plano, na porção superior da cabeça (1,5).

Estudos anatômicos têm um papel fundamental no conhecimento biológico de espécies selvagens, podendo ser empregados nas áreas de fisiologia, ecologia, taxonomia, clínica, cirurgia, dentre outras. Estudos mais aprofundados a respeito da anatomia de capivaras vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos, porém há ainda escassez de informação. Existem estudos publicados descrevendo as características anatômicas do esqueleto axial (7–14), apendicular (15–21), trato gastrointestinal (22–30), olho (31–33), cérebro (34,35), ouvido (10), e sistemas olfatório (36), reprodutor (37), respiratório (38,39) e circulatório (40–43).

A craniometria, um estudo morfométrico focado nas estruturas que compõem o crânio dos animais, é utilizada como parâmetro de classificação e diferenciação em análises antropológicas, evolutivas, raciais, taxonômicas (44) e de flutuações morfológicas intraespecíficas (45–47). Tradicionalmente, a medição das estruturas cranianas era realizada exclusivamente de forma manual, necessitando de peças de cadáveres e de várias manipulações desses objetos. Contudo, falhas na correta discriminação dos pontos de referência ou possíveis alterações morfológicas nos crânios estudados podem levar a erros nos valores obtidos, oferecendo um entrave considerável na caracterização dos mesmos (48). Diferentes modalidades de imagem foram incorporadas às análises craniométricas com o intuito de oferecer menor erro e maior reprodutibilidade (47–50).

Com o advento da radiologia (51) e das demais modalidades de imagem, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, a identificação e avaliação de estruturas internas dos animais tornou-se mais prática e corriqueira (4,49,50). O exame radiográfico apresenta-se como uma alternativa que oferece um bom custo-benefício na avaliação e diagnóstico de estados hígidos ou alterados. Ele é aplicado, sobretudo, na avaliação do sistema esquelético e, em menor proporção, em tecidos moles. Todavia, a identificação e avaliação precisa dos ossos do crânio é impraticável com essa técnica por causa da sobreposição óssea verificada e da impossibilidade, muitas vezes, de se distinguir diferentes estruturas (4,52). A tomografia computadorizada mostra-se como uma alternativa superior para visualização e análise da morfologia craniana, sendo especialmente útil em estudos anatômicos (4,31,48,52,53).

Com a premissa da importância de pesquisas envolvendo a anatomia de animais silvestres, principalmente por ser considerada uma ciência de base para o conhecimento científico e clínico sobre as mais diversas espécies animais, e considerando a relevância das tecnologias de imagem nas áreas morfológica em medicina de animais selvagens, este estudo visa reconhecer as estruturas cranianas de capivaras (*H. hydrochaeris*) em peças anatômicas, imagens radiográficas e tomográficas. Primeiramente, será apresentado o artigo científico, com maiores informações sobre a metodologia, os achados e a discussão, seguido da revisão bibliográfica relacionada ao tema proposto.

ARTIGO CIENTÍFICO

ARTIGO CIENTÍFICO a ser enviado para a revista Anatomia, Histologia, Embryologia.

Normas disponíveis em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/14390264/homepage/forauthors.html>

CRÂNIO DE CAPIVARAS (*Hydrochoerus hydrochaeris*). CRANIOMETRIA, RADIOGRAFIA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA 3D

Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira¹, Stela Bonadia², Letícia Rocha Inamassu²,
Maria Jaqueline Mamprim², Bruno Cesar Schimming¹

¹Departamento de Anatomia, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, Brasil.

Resumo

Os estudos anatômicos aplicados ao conhecimento médico veterinário, como às áreas de cirurgia, anestesia e diagnóstico por imagem são cruciais para uma correta avaliação e abordagem do animal. As capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), os maiores roedores do mundo, são mamíferos encontrados em todo o território brasileiro. Devido a sua ampla distribuição, necessitam-se descrições detalhadas sobre a espécie, dentre elas sobre sua anatomia craniana. Este estudo visou identificar as estruturas cranianas de capivaras em peças anatômicas e imagens radiológicas. Foram utilizados oito crânios macerados e duas cabeças descongeladas para a identificação osteológica, radiográfica e tomográfica das suas estruturas. Foram realizadas medidas craniométricas para as diferentes partes do crânio e calculados os índices cefálicos. O crânio da capivara pode ser dividido em uma parte cranial (neurocrânio) e uma parte facial (viscerocrânio). As capivaras apresentaram um crânio mais robusto e retangular, alongado rostro-caudalmente, adelgado na região nasal e levemente convexo na região parietal. O arco zigomático é expandido e largo, a órbita possui um formato circular, o forame infraorbital é bastante desenvolvido, os meatos acústicos externos e as bulas timpânicas

são relativamente pequenos e os processos paracondilares são grandes. Estas características anatômicas são compatíveis com o hábito alimentar e com o modo de vida semi-aquático das capivaras, o que pode ser comparado com características reportadas para animais de hábitos similares. A imagem radiográfica permitiu identificar estruturas como o seio frontal, ao passo que a reconstrução tomográfica 3D foi essencial para se ter uma visualização de forma espacial do crânio da capivara.

Palavras-chave: anatomia, caviomorfo, osteologia, roedor

Introdução

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) é o maior roedor do mundo, pesando em média 50 kg. É pertencente à subordem Hystricognathi, família Caviidae, subfamília Hydrochoerinae. São reconhecidas duas espécies dentro dessa subfamília, *H. hydrochaeris* e *H. isthmus* (Patton, Pardiñas, & D'Elía, 2015). São animais herbívoros de hábitos semiaquáticos, gregários e territorialistas (Cubas, Silva, & Catão-Dias, 2014; Nogueira-Filho, 1996; Pachaly et al., 2001; Rodrigues, 2013).

Esses animais possuem uma cabeça grande em relação ao corpo, com focinho arredondado e os lábios superiores fendidos (Antonucci & Ribeiro, 2014; Nogueira-Filho, 1996). Apresentam, ainda, características físicas associadas aos seus hábitos semiaquáticos, sendo que seus olhos, narinas e orelhas estão localizados em um mesmo plano, na porção superior da cabeça, mantendo seus sentidos ativos durante a natação (Antonucci & Ribeiro, 2014; Nogueira-Filho, 1996). As orelhas são pequenas e arredondadas e os olhos são grandes e desenvolvidos para visão noturna (Antonucci & Ribeiro, 2014).

A constante invasão antrópica em habitats selvagens tem aumentado consideravelmente a casuística de animais silvestres na rotina veterinária, tanto por desequilíbrios ambientais quanto por acidentes. O conhecimento anatômico de uma vasta gama de animais é, entretanto, ainda bastante escasso comparado às necessidades dos profissionais que lidam com os mesmos, apesar de ser uma área fundamental (Aversi-Ferreira, 2018). Os estudos anatômicos têm um papel crucial no conhecimento biológico de espécies selvagens, podendo ser empregados nas áreas biológicas e da saúde em seus mais diversos aspectos, como para a correta aplicação de procedimentos cirúrgicos ou clínicos (Brombini et al., 2018; Hirota et al., 2018), e estudos filogenéticos, taxonômicos, evolutivos (Álvarez, Perez, & Verzi, 2013; Weisbecker & Schmid, 2007) e comportamentais (Aversi-Ferreira, 2018; Robie et al., 2017). Em

capivaras, poucos são os estudos que se aprofundam no conhecimento anatômico da espécie.

A correta avaliação de exames de imagem, como a radiografia e a tomografia, depende intimamente do conhecimento anatômico da espécie animal para o reconhecimento de estruturas naturais e alteradas. Com o advento da radiologia e das demais modalidades de imagem, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, a identificação e avaliação de estruturas internas dos animais tornou-se mais prática e corriqueira (Cubas et al., 2014; Goodenough, Smith, Stubbs, Williams, & Hart, 2012; Parés-Casanova, 2017).

Baseado na importância da descrição anatômica, bem como das modalidades de imagem para o conhecimento biológico de animais silvestres, este estudo visou reconhecer as estruturas cranianas de capivaras (*H. hydrochaeris*) em peças anatômicas, imagens radiográficas e tomográficas.

Materiais e Métodos

Animais

Foram utilizados oito crânios macerados e duas cabeças congeladas de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), pertencentes ao acervo didático do Departamento de Anatomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Campus de Botucatu. Os crânios foram utilizados para descrições das estruturas anatômicas e comparação com os achados imaginológicos. Este estudo foi autorizado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP/Botucatu, CEUA 0212/2018.

Estudos imaginológicos

As cabeças, após descongeladas, foram submetidas a exames radiológicos em equipamento digital (GE[®] Healthcare). A técnica utilizada foi de 70 kV e 8 mAs, sob a mesma distância focofilme. As imagens radiográficas foram utilizadas para descrição das estruturas anatômicas do crânio, nas projeções lateral direita e dorsoventral desde o incisivo superior até a primeira vértebra cervical.

Em seguida, foi realizada tomografia computadorizada, em tomógrafo helicoidal *single slice* (Shimadzu SCT- 7800CT) em cortes transversais de 2 mm de espessura, desde os dentes incisivos até a primeira vértebra cervical, com protocolo de

120 kV, 170 mA, FOV 25,8 x 24 cm. As imagens foram reconstruídas em três dimensões (3D) com emprego do software Voxar Workstation 6.3 (Barco®). Todas as imagens foram armazenadas no formato DICOM.

Osteologia craniana e estudos craniométricos

Os ossos e demais estruturas do crânio foram identificados usando as peças maceradas. Posteriormente, todos os crânios foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital e uma régua de 30 cm. O padrão de medição e escolha dos pontos de referência foram realizados conforme descrito por Schimming e Pinto e Silva (2013) e Gorosábel et al. (2016). Adicionalmente, os seguintes índices craniométricos foram calculados: crânio (LZ.100.CC⁻¹), neurocrânio (LN.100.CN⁻¹), facial (LZ.100.CV⁻¹), basal (LN.100.CBC⁻¹) e do forame magno (AFM.100.LFM⁻¹).

Os pontos craniométricos e as medidas realizadas encontram-se descritos nas Figuras 1 e 2.

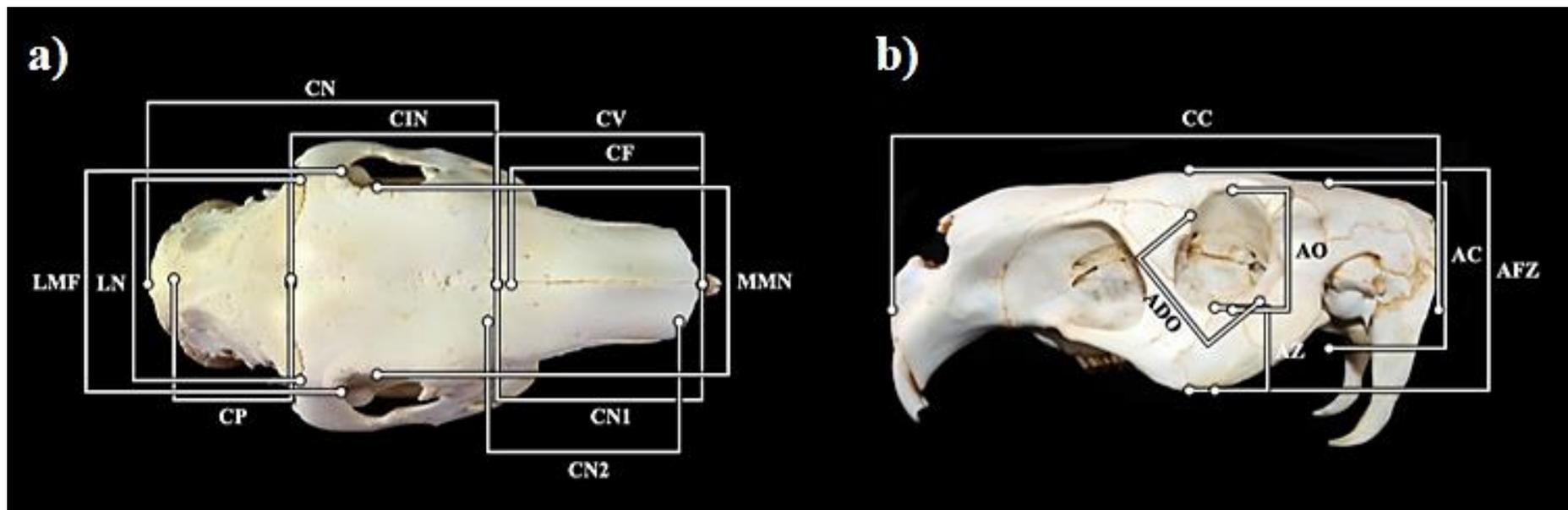


FIGURA 1. Imagens fotográficas dos pontos para a medição craniométrica realizada nos crânios de capivaras nas vistas dorsal (a) e lateral esquerda (b). AC: altura do crânio (do parietal ao básico). ADO: altura diagonal da órbita (frontolacrimal ao processo zigomático do osso temporal). AFZ: altura do frontal ao zigomático. AO: altura da órbita. AZ: altura máxima do zigomático. CC: comprimento do crânio (do ínio ao próstio). CF: comprimento do focinho (processo nasal do incisivo à extremidade rostral do osso incisivo). CIN: comprimento do frontal (sutura frontoparietal ao processo nasal do incisivo). CN: comprimento do neurocrânio (do ínio ao násio). CN1: comprimento nasal medial (processo medial do nasal ao processo frontal do nasal). CN2: comprimento nasal lateral (processo lateral do nasal ao processo nasal do incisivo). CP: comprimento parietal (sutura frontoparietal medial ao occipital). CV: comprimento do viscerocrânio (do násio ao próstio). LMF: largura máxima do frontal. LN: largura máxima do neurocrânio (máxima parietal). MMN: largura mínima do frontal.

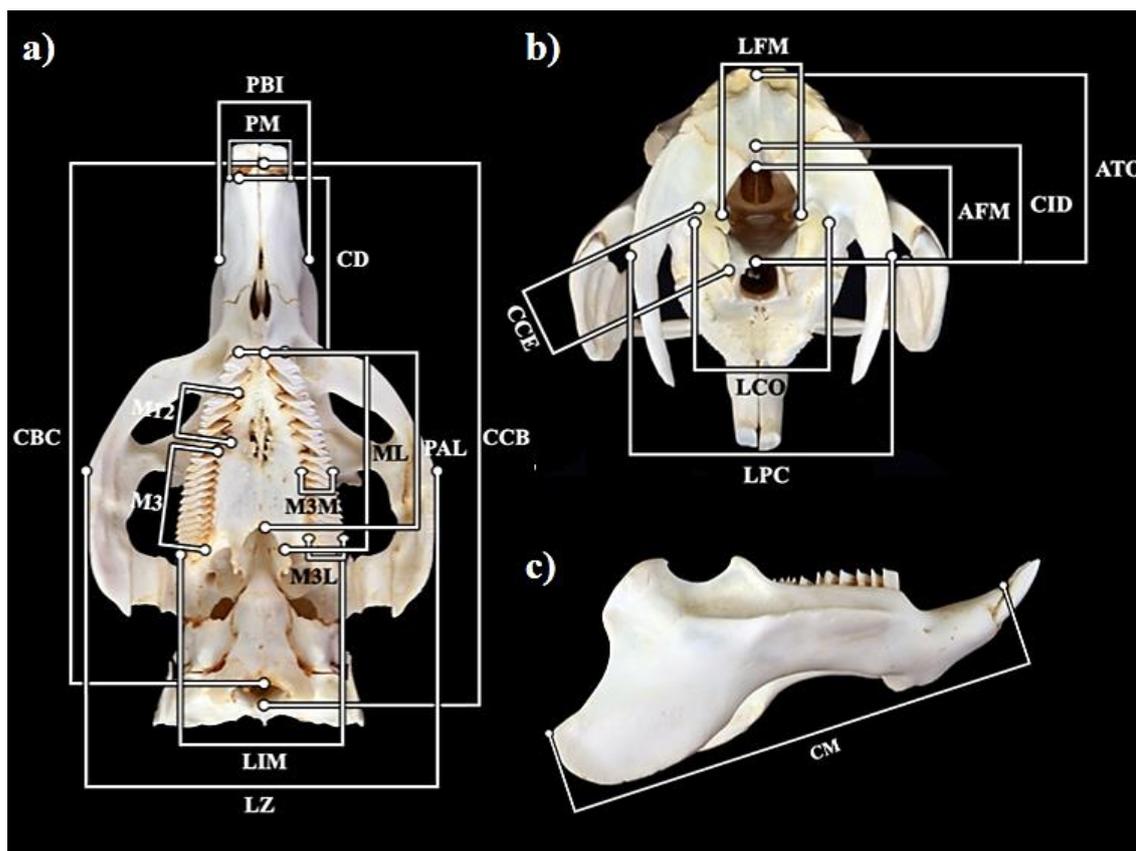


FIGURA 2. Imagens fotográficas dos pontos para a medição craniométrica realizada nos crânios de capivaras nas vistas ventral (a), caudoventral (b) e, lateral da mandíbula (c). AFM: altura do forame magno. ATO: altura do triângulo occipital (do ínio ao básico). CBC: comprimento da base do crânio (do básico ao próstio). CCB: comprimento condilobasal (dos côndilos ao próstio). CCE: comprimento do côndilo occipital. CD: comprimento do diastema (máximo do osso incisivo à base do pré-molar). CID: comprimento da incisura dorsal (da incisura ao básico). CM: comprimento da mandíbula. LCO: largura máxima entre os côndilos occipitais. LFM: largura máxima do forame magno. LFP: largura fronto-parietal. LIM: largura intermaxilar (lateral aos terceiros molares). LPC: largura máxima entre os processos paracondilares. LZ: distância máxima interzigomática. M12: comprimento dos molares 1 e 2. M3: comprimento do terceiro molar. M3L: largura máxima do terceiro molar. M3M: largura mínima do terceiro molar. ML: comprimento dos molares. PAL: comprimento do palato. PBI: largura da base do incisivo. PM: largura do incisivo.

Resultados

1. Osteologia do crânio da capivara

1.1 Visão geral

Em uma vista lateral, o crânio de capivara apresenta um formato retangular, alongado rostro-caudalmente. Visto dorsalmente, o crânio é adelgado na porção nasal e levemente convexo na porção parietal. O arco zigomático é expandido e largo e é formado pelo processo zigomático do osso maxilar, osso zigomático com processo temporal e processo zigomático do osso temporal. A órbita possui um formato circular. Sua margem é delimitada dorsalmente pelo frontal, rostralmente pelo lacrimal e maxilar, ventralmente pelo maxilar, zigomático e temporal e caudalmente pelo temporal. Interiormente, é possível identificar o forame lacrimal (dorso-rostral), o forame óptico (dorso-caudal), o forame órbita-redondo (médio-caudal) e o forame alar rostral (ventro-caudal). O crânio da capivara pode ser dividido em uma parte cranial (neurocrânio) e uma parte facial (viscerocrânio) (Figura 3). A capivara adulta possui 20 dentes, distribuídos segundo a seguinte fórmula dentária: I 1/1 (um dente incisivo), C 0/0 (nenhum dente canino), PM 1/1 (um dente pré-molar) e M 3/3 (três dentes molares) (Figuras 4 e 6). Destes dentes, o terceiro molar superior apresenta uma superfície oclusal que corresponde à soma do comprimento do pré-molar e do primeiro e segundo molares superiores, localizados rostralmente a ele (Figura 4).

1.2 Ossos do crânio

1.2.1 Occipital

O osso occipital localiza-se na extremidade caudal do crânio. Na sua porção dorsal encontra-se a escama occipital, onde é possível localizar em sua extremidade dorso-caudal uma projeção triangular, a protuberância occipital externa, e ventro-caudalmente forma-se a margem dorsal do forame magno. As margens laterais e ventral do forame magno são formadas pelas porções condilares e basi-occipital, respectivamente. Em sua extremidade médio-dorsal, o forame forma uma escavação triangular na região da escama occipital. Ventralmente à escama, encontram-se a parte lateral do osso occipital, de onde projetam-se ventralmente os côndilos occipitais e lateroventralmente os processos paracondilares. Os processos paracondilares são bastante desenvolvidos nesses animais, ocupando uma grande porção desse osso. Eles se estendem ventralmente a um nível inferior das demais estruturas cranianas e

terminam em um processo que se projeta rostralmente. Esse osso é passível de visualização tanto nas imagens radiográficas, em ambas projeções, quanto na reconstrução 3D (Figuras 3, 4 e 5). As estruturas ósseas, como o contorno do forame magno, a escama occipital, os côndilos occipitais e os processos paracondilares foram mais bem identificados na reconstrução 3D. Já a imagem radiográfica mostrou uma sobreposição de várias estruturas, o que dificultou essa diferenciação.

1.2.2 Parietal

O osso parietal desses animais é um osso único que compreende uma grande parte da área dorsolateral do neurocrânio e apresenta um formato trapezoidal. Ele articula-se rostralmente com o osso frontal, caudalmente com o osso occipital e lateralmente com os ossos temporais. Localizada na superfície externa dorsolateral, direita e esquerda, encontra-se uma depressão longitudinal, chamada fossa temporal. O osso pode ser visualizado na radiografia lateral e na reconstrução 3D, imediatamente rostral ao occipital e dorsal à uma estrutura radioluscente circular - a cavidade timpânica (Figuras 3 e 4).

1.2.3 Frontal

O osso frontal é um osso par, irregular, de formato ligeiramente retangular, que se dispõe na porção média dorsal do crânio. Ele se articula caudalmente com o osso parietal, latero-caudalmente com o temporal, rostro-lateralmente com os ossos lacrimais e maxilares e rostralmente com os ossos nasais e incisivos. Lateralmente ele forma uma concavidade que delimita a parede medial da órbita. A superfície temporal do osso frontal forma a porção caudal da órbita. Na imagem lateral da reconstrução 3D a localização do osso frontal é presumida, porém não é possível delimitá-lo por causa da perda de definição de algumas suturas ósseas. Já na imagem radiográfica lateral, além de ser possível identificar tal estrutura óssea imediatamente cranial ao parietal, nota-se uma área oca, radioluscente, de formato alongado, localizada no interior do osso, denominada seio frontal. O seio frontal também pôde ser identificado no corte sagital da reconstrução 3D (Figuras 3 e 4).

1.2.4 Ossos esfenoides

Ossos par, que pode ser visualizado na região ventro-caudal do crânio, entre as bulas timpânicas e o osso palatino. O osso esfenóide é dividido em pré-esfenóide e

basisfenóide. O osso mais rostral é o pré-esfenoide e o mais caudal é o basisfenoide. Apenas uma pequena parte do pré-esfenoide é visualizada na visão ventral craniana, que consiste em uma estrutura cilíndrica localizada junto à base do palatino. O basisfenoide é um osso de corpo cônico que também pode ser visualizado na vista ventral do crânio, mediorostralmente às bulas timpânicas. O basisfenoide pôde ser identificado nas imagens radiográficas dorsoventrais, tomando as bulas timpânicas como pontos de referência, e no corte sagital da reconstrução tomográfica 3D (Figuras 3 e 4).

1.2.5 Temporal

O osso temporal é um osso par, de formato irregular, que se articula caudalmente com o occipital, dorsalmente com o parietal e, dorsorostralmente com o osso frontal. Ventral e caudalmente, apresenta uma dilatação formando a bula timpânica. Lateral e rostralmente, projeta-se o processo zigomático, formando um arco robusto que se articula com o osso zigomático e contribui para a formação do arco zigomático. O meato acústico externo é encontrado lateralmente no osso temporal. Esse osso é visualizado na radiografia lateral do crânio, onde é possível distinguir a bula e cavidade timpânicas, o meato acústico externo e a porção retrorbital. Além dessas estruturas, a projeção temporal do arco zigomático também é visível na radiografia dorsoventral. Na reconstrução 3D também é possível identificar esse osso, contudo algumas delimitações não são possíveis devido à descontinuidade de algumas suturas (Figuras 3 e 4).

1.2.6 Etmoide

O osso etmoide está localizado internamente no crânio, no limite entre o viscerocrânio e neurocrânio, entre as paredes orbitais. Apenas o forame etmoidal, localizado entre o osso lacrimal e osso frontal, e a lâmina crivosa, localizada através do forame magno, são visíveis externamente (Figuras 3 e 5). Na reconstrução 3D sagital, foi possível observar que o etmoide se articula com o frontal, a maxila e o palato. A imagem radiográfica permitiu observar a lâmina crivosa do osso etmoide e os etmoturbinados, os quais foram mais bem visualizados na reconstrução tomográfica 3D (Figura 3).

1.2.7 Pterigoide

O pterigoide é um osso delgado, de aparência laminar, localizado ventrocaudalmente ao palatino e lateralmente aos esfenoides, formando uma estrutura semelhante às asas. Em sua porção mais ventral, encontra-se uma projeção denominada processo hamular, ou hámulo. Na radiografia dorsoventral é possível visualizar esse osso na porção medial da imagem, como duas projeções oblíquas caudais ao palato (Figura 4).

1.3 Ossos da face

1.3.1 Incisivo

O osso incisivo é um osso par localizado na porção rostrolateral do crânio, também descrito como osso pré-maxilar. Ele serve como arcabouço para as raízes dos dois dentes incisivos superiores. Rostralmente, projeta-se em forma piramidal, formando o processo incisivo. Caudalmente, esse osso articula-se extensamente com o maxilar, projetando uma pequena faixa óssea dorsolateral que se articula com o osso frontal. Dorsalmente, articula-se com os ossos nasais. Em uma visão ventral, localizam-se na base dos incisivos três estruturas visivelmente distintas ao longo do diastema, rostralmente encontra-se o forame inter-incisivo e caudalmente encontram-se dois forames piriformes adelgaçados, denominados forames incisivos. Intimamente relacionado a essas estruturas encontra-se o osso vômer, na região medial inter-incisiva. Tanto o osso quanto o dente incisivo são visualizados na radiografia lateral e reconstrução 3D. Entretanto, a sutura incisivo-maxilar não está presente na imagem reconstruída (Figuras 3 e 4).

1.3.2 Lacrimal

O osso lacrimal é um osso par, de formato triangular, localizado lateralmente. Articula-se dorsalmente com o osso frontal e ventrorostralmente com o osso maxilar e seu processo zigomático. A margem caudal do osso lacrimal forma a margem rostral da órbita e apresenta o processo lacrimal caudal. Na face orbital do osso lacrimal, encontra-se a fossa do saco lacrimal com o forame lacrimal. Esse osso não pode ser identificado nas imagens radiográficas lateral e dorsoventral. A reconstrução tomográfica 3D permitiu a visualização do osso lacrimal (Figuras 3 e 4).

1.3.3 Maxila

O osso maxila é um osso de formato caracteristicamente irregular. Rostralmente, articula-se com o osso incisivo. Lateralmente, duas projeções denominadas raízes dorsal e ventral do processo zigomático da maxila formam a porção rostral do arco zigomático. Ventralmente à porção da órbita formada pelo frontal, a maxila constitui a parede medial da órbita. Em uma vista ventral, encontram-se os alvéolos dentários, dispostos lateralmente. Caudalmente, no interior da órbita, é possível identificar, no extremo caudal, o forame órbito-redondo e, ventralmente a ele, o forame alar rostral. Próximo ao osso lacrimal, na base da raiz dorsal do processo zigomático, é possível visualizar o forame lacrimal. Na extremidade rostral desse osso, é possível identificar o forame incisivo e o vômer. Ventralmente, a maxila forma o processo palatino, que juntamente com a lâmina horizontal do osso palatino forma a parte óssea do palato e, apresenta ainda, os processos alveolares que alojam os dentes molariformes (pré-molares e molares). A maxila pode ser identificada em ambas posições radiográficas. Já os dentes molariformes são mais bem diferenciados na posição lateral, na qual pode-se avaliar as raízes dentárias e superfície oclusal (Figuras 3 e 4).

1.3.4 Zigomático

O osso zigomático, denominado por alguns autores como osso jugal, forma a porção mais lateral do arco zigomático. Articula-se rostralmente com o processo zigomático do osso maxilar, onde apresenta sua maior altura. Já em sua margem caudal, articula-se com o temporal, onde sofre um adelgaçamento, se projetando caudalmente sob o processo zigomático do osso temporal, onde, juntamente com este, forma a fossa mandibular. Esse osso não foi identificado na radiografia lateral, devido à sobreposição de estruturas, e foi visualizado somente na reconstrução tomográfica 3D (Figuras 3 e 4).

1.3.5 Palatino

O osso palatino é visualizado na porção ventral do crânio. Possui um formato triangular, delimitado em suas margens craniolaterais pela maxila e caudais, pelos ossos esfenoides e pterigoides. A imagem radiográfica dorsoventral permitiu a identificação do osso palatino (Figura 4).

1.3.6 Vômer

O osso vômer é um osso ímpar e pôde ser identificado na radiografia dorsoventral (Figura 4).

1.3.7 Nasal

O osso nasal é um osso par, de formato retangular, localizado rostrodorsalmente. Sua porção extrema rostral forma a borda dorsolateral da entrada das narinas. Ventralmente, reveste a cavidade nasal. Em uma vista lateral, nota-se que o terço médio do osso é mais convexo. Enquanto as suturas internasal e nasoincisivas são retilíneas, as suturas nasofrontais apresentam um formato côncavo, adentrando com seu terço médio o osso parietal e, medialmente, formando o processo frontal do nasal. Rostromedialmente, a junção das duas partes do osso nasal forma o processo medial do nasal, de formato triangular. Já rostrolateralmente, projetam-se aos processos laterais do nasal. Esse osso pôde ser visualizado na radiografia lateral, dorsalmente à cavidade nasal, cuja imagem é mais radioluscente, e nas imagens de reconstrução tomográfica 3D (Figuras 3 e 4).

1.3.8 Mandíbula

A mandíbula é um osso robusto, par, cujas partes, denominadas hemiarcadas, são ligadas rostralmente pela sínfise intermandibular. Sua extremidade rostral aloja os dentes incisivos inferiores e possui um formato mais adelgado. Lateralmente é possível identificar o forame mental. Já seu terço médio é mais amplo, predominantemente formado pela crista lateral. Nessa parte, estão alojados os dentes pré-molares e molares inferiores, dispostos enfileirados de forma oblíqua tanto em relação às duas hemiarcadas, em que a distância entre os pré-molares é menor que a dos terceiros molares, quanto à superfície oclusal, direcionada dorsomedialmente. Ventrocaudalmente aos terceiros molares, encontra-se o forame mandibular. O terço caudal da mandíbula é mais delgado em uma vista dorsal. O corpo da mandíbula, localizado no terço caudal, é bastante desenvolvido e robusto. Os côndilos mandibulares e os processos pós-condilares apresentam-se em forma semielíptica. O processo angular tem uma forma mais arredondada. A mandíbula, assim como os dentes incisivos e molariformes inferiores, foram visíveis nas imagens radiográficas lateral e dorsoventral e na reconstrução 3D (Figuras 3, 4 e 6).

1.3.9 Concha nasal ventral

A concha nasal ventral é dividida em duas partes, uma esquerda e outra direita, por uma parede formada medialmente pelo vômer. Ela é formada por lâminas ósseas finas espirais que formam cavidades que se estendem horizontalmente, no sentido caudal. Está localizada no interior da parte caudal do osso nasal e rostral do osso maxilar, sendo limitada caudalmente pelo etmoide. Essa estrutura só foi identificada na radiografia lateral e no corte sagital da reconstrução 3D (Figura 3).

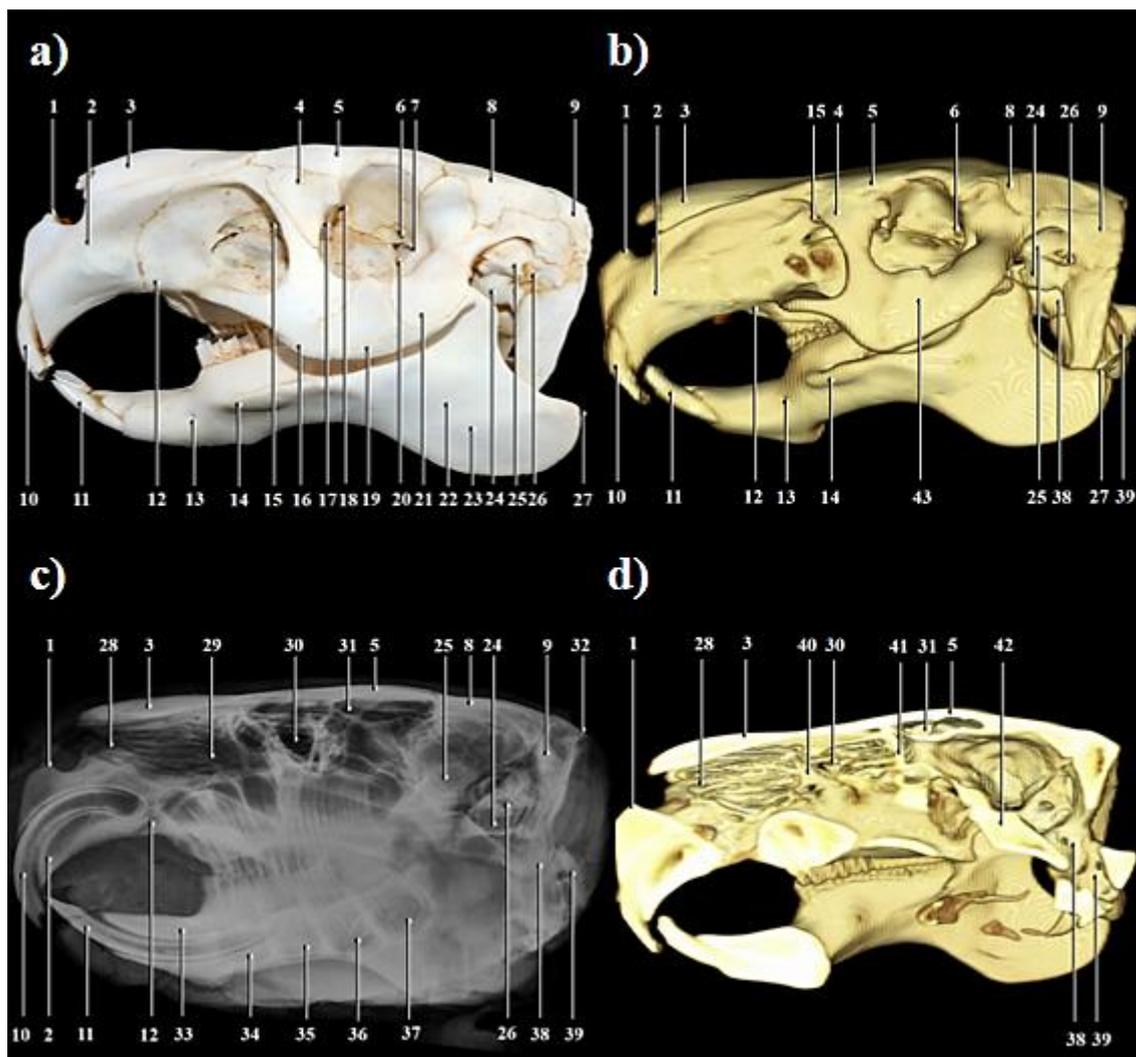


FIGURA 3. Imagem fotográfica na vista lateral esquerda (a), reconstrução 3D (b), imagem radiográfica (c) e corte sagital da reconstrução tomográfica 3D (d) do crânio de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Corpo do osso incisivo; 2. Osso incisivo; 3. Osso nasal; 4. Osso lacrimal; 5. Osso frontal; 6. Forame óptico; 7. Forame órbito-redondo; 8. Osso parietal; 9. Osso occipital; 10. Dente incisivo superior; 11. Dente incisivo inferior; 12. Osso maxilar; 13. Forame mental; 14. Crista lateral; 15. Forame maxilar; 16. Processo zigomático do maxilar; 17. Forame lacrimal; 18. Forame etmoidal; 19. Osso zigomático; 20. Forame alar rostral; 21. Processo zigomático do temporal; 22. Fossa massetérica; 23. Crista massetérica; 24. Bula timpânica; 25. Osso temporal; 26. Meato acústico externo; 27. Processo angular; 28. Nasoturbinados; 29. Cavidade nasal; 30. Etmoturbinados; 31. Seio frontal; 32. Protuberância occipital externa; 33. Mandíbula; 34. Dente pré-molar; 35. Primeiro molar; 36. Segundo molar; 37. Terceiro molar; 38. Côndilo occipital; 39. Atlas; 40. Lâmina perpendicular do osso etmoide; 41. Lâmina crivosa do osso etmoide; 42. Basisfenóide; 43. Arco zigomático.

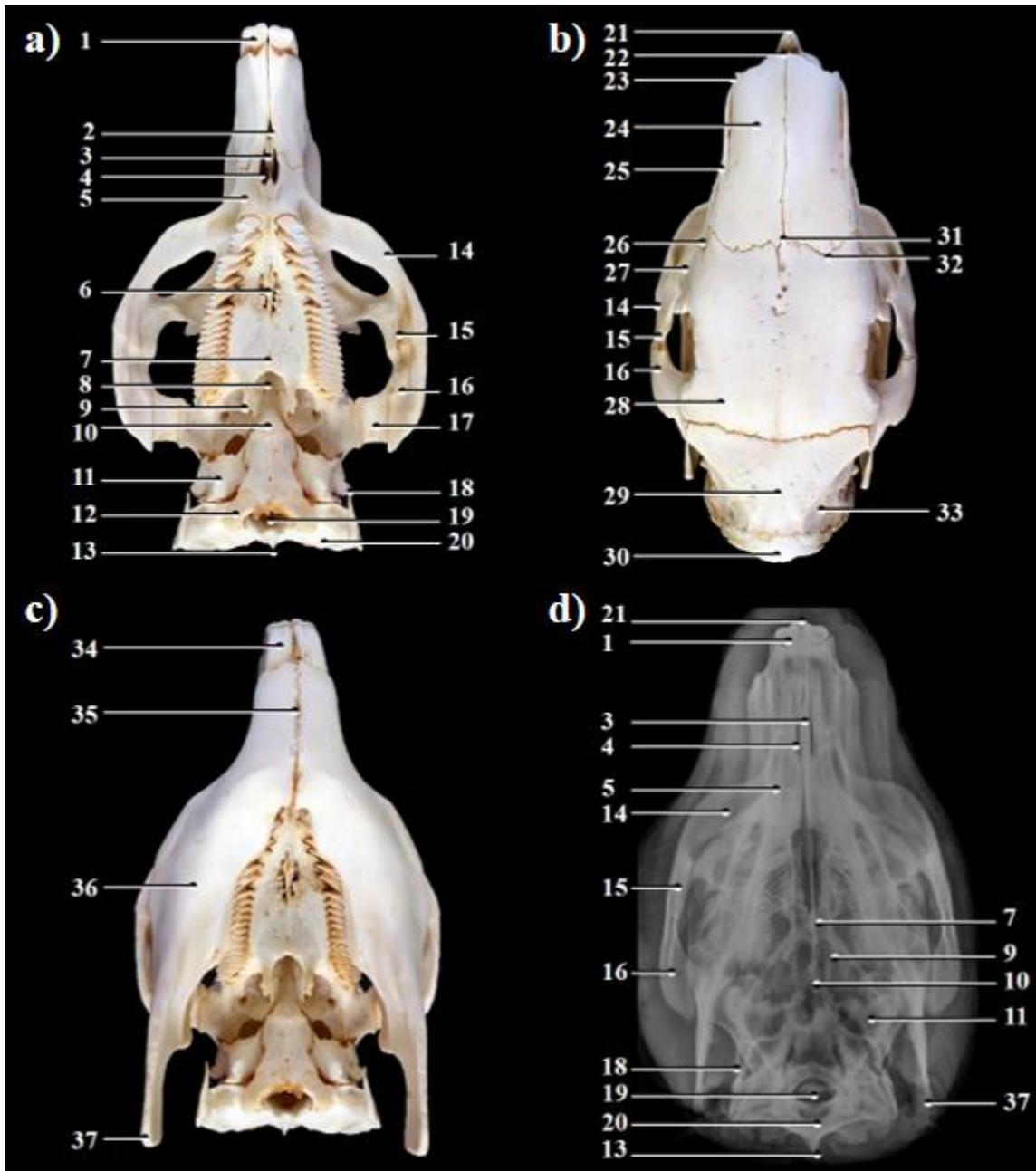


FIGURA 4. Imagem fotográfica ventral (a; c), dorsal (b) e radiografia dorsoventral (d) do crânio de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Incisivo superior; 2. Forame interincisivo; 3. Vômer; 4. Forame incisivo; 5. Osso maxilar; 6. Crista palatina; 7. Osso palatino; 8. Osso pré-esfenoide; 9. Osso pterigoide; 10. Osso basisfenoide; 11. Bula timpânica; 12. Côndilo do occipital; 13. Protuberância occipital externa; 14. Processo zigomático do osso maxilar; 15. Osso zigomático; 16. Processo zigomático do osso temporal; 17. Fossa mandibular; 18. Processo paracondilar; 19. Forame magno; 20. Osso occipital; 21. Processo alveolar do osso incisivo; 22. Processo medial do osso nasal; 23. Processo lateral do osso nasal; 24. Osso nasal; 25. Osso incisivo; 26. Processo nasal do incisivo; 27. Osso lacrimal; 28. Osso frontal; 29. Osso parietal; 30. Osso occipital; 31. Processo frontal do nasal; 32. Processo nasal do frontal; 33. Fossa temporal; 34. Incisivo inferior; 35. Sínfise intermandibular; 36. Mandíbula; 37. Processo angular da mandíbula.

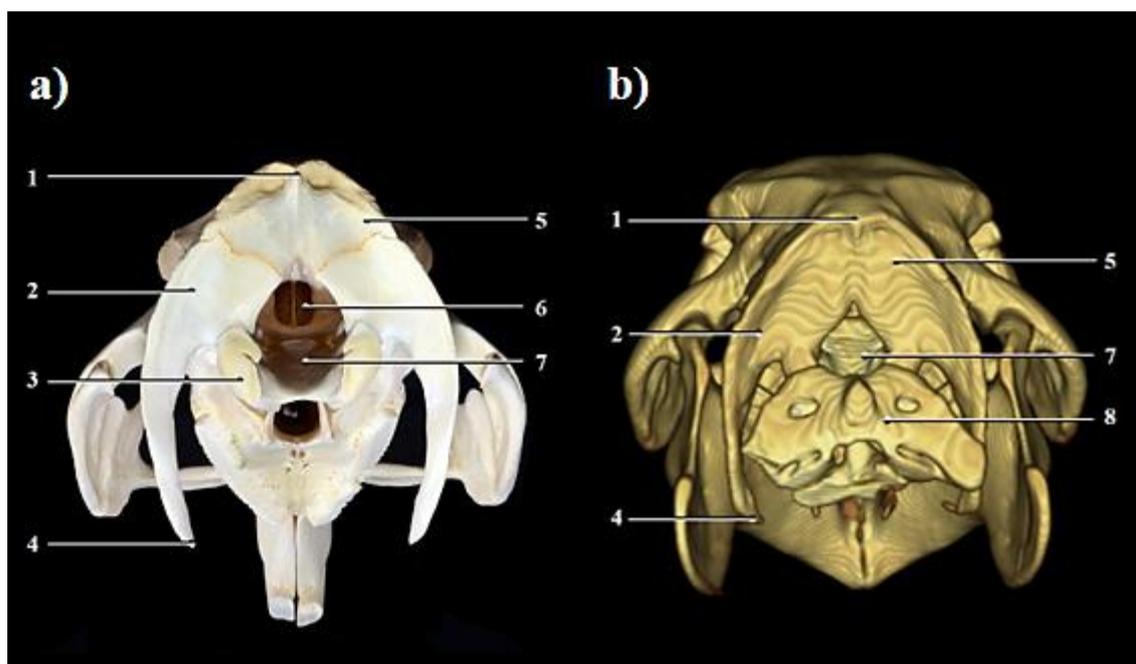


FIGURA 5. Imagem fotográfica caudal (a) e reconstrução da TC 3D (b) do crânio de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Protuberância occipital externa; 2. Parte lateral do osso occipital; 3. Côndilo occipital; 4. Processo paracondilar; 5. Escama occipital; 6. Lâmina crivosa do etmoide; 7. Forame magno; 8. Atlas.

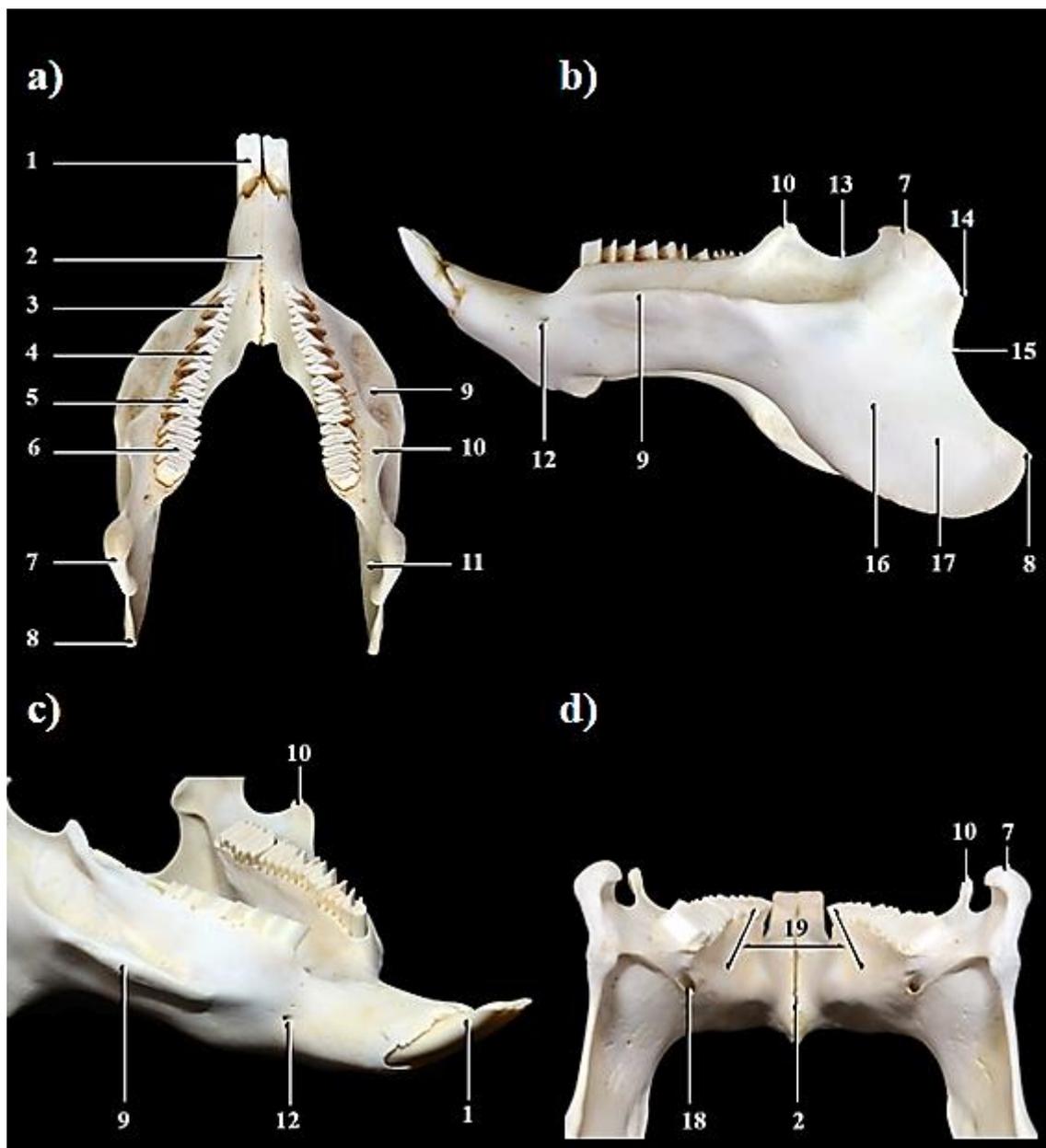


FIGURA 6. Imagem fotográfica dorsal (a), lateral esquerda (b), craniolateral direita (c) e mediocaudal (d) da mandíbula de capivara (*H. hydrochaeris*). 1. Incisivo inferior; 2. Sínfise intermandibular; 3. Pré-molar; 4. Primeiro molar; 5. Segundo molar; 6. Terceiro molar; 7. Côndilo mandibular; 8. Processo angular; 9. Crista lateral; 10. Processo coronoide; 11. Fossa pterigoide; 12. Forame mental; 13. Incisura sigmoide; 14. Processo pós-condilar; 15. Incisura angular; 16. Fossa massetérica; 17. Corpo da mandíbula; 18. Forame mandibular; 19. Angulação dentária.

2. Craniometria

Os valores de média e desvio padrão das medidas craniométricas realizadas nos oito crânios encontram-se descritos nas Tabelas 1 e 2. Os valores de média e desvio padrão dos índices craniométricos encontram-se descritos na Tabela 3. Segundo a metodologia descrita por Gorosábel (2016), foi possível dividir os crânios em grupamentos de animais das faixas etárias subadultos e adultos. Os valores de média e desvio padrão por faixa etária, subadultas e adultas, são apresentados na Tabela 4.

TABELA 1. Média (mm) e desvio padrão (\pm mm) das medidas craniométricas em capivaras (*H. hydrochaeris*) nas vistas dorsal e lateral esquerda

Medida	Média	DP	Medida	Média	DP	Medida	Média	DP
AC	61,42	4,08	CF	97,72	13,42	CV	103,97	13,82
ADO	51,10	4,29	CIN	64,44	4,86	LZ	125,49	12,72
AFZ	86,52	8,41	CN	130,80	9,13	LMF	78,08	7,58
AZ	30,81	4,25	CN1	74,52	9,27	LN	66,04	4,96
AO	43,79	4,83	CN2	73,73	8,38	MMN	62,08	5,68
CC	216,90	19,96	CP	62,31	5,78			

AC: altura do crânio (do parietal ao básico). ADO: altura diagonal da órbita (frontolacrimal ao processo zigomático do osso temporal). AFZ: altura do frontal ao zigomático. AO: altura da órbita. AZ: altura máxima do zigomático. CC: comprimento do crânio (do ínio ao próstio). CF: comprimento do focinho (processo nasal do incisivo à extremidade rostral do osso incisivo). CIN: comprimento do frontal (sutura frontoparietal ao processo nasal do incisivo). CN: comprimento do neurocrânio (do ínio ao násio). CN1: comprimento nasal medial (processo medial do nasal ao processo frontal do nasal). CN2: comprimento nasal lateral (processo lateral do nasal ao processo nasal do incisivo). CP: comprimento parietal (sutura frontoparietal medial ao occipital). CV: comprimento do viscerocrânio (do násio ao próstio). LMF: largura máxima do frontal. LN: largura máxima do neurocrânio (máxima parietal). MMN: largura mínima do frontal.

TABELA 2. Média (mm) e desvio padrão (\pm mm) das medidas craniométricas em capivaras (*H. hydrochaeris*) nas vistas ventral, caudoventral e mandibular lateral

Medida	Média	DP	Medida	Média	DP	Medida	Média	DP
AFM	32,90	2,71	LZ	125,49	12,72	M3	38,01	3,64
ATO	59,56	4,98	LFP	47,97	7,39	M3L	13,83	1,75
CCB	195,01	18,51	LIM	61,86	6,66	M3M	9,75	1,21
CBC	194,32	6,69	LPC	73,04	6,08	ML	76,30	7,13
CD	64,23	6,93	LFM	21,99	0,56	PBI	37,36	16,65
CCE	24,78	1,87	LCO	39,80	2,43	PAL	132,03	11,08
CID	37,04	2,32	M12	21,43	1,89	PM	27,28	3,34
CM	186,33	18,33						

AFM: altura do forame magno. ATO: altura do triângulo occipital (do ínio ao básico). CBC: comprimento da base do crânio (do básico ao próstio). CCB: comprimento condilobasal (dos côndilos ao próstio). CCE: comprimento do côndilo occipital. CD: comprimento do diastema (máximo do osso incisivo à base do pré-molar). CID: comprimento da incisura dorsal (da incisura ao básico). CM: comprimento da mandíbula. LCO: largura máxima entre os côndilos occipitais. LFM: largura máxima do forame magno. LFP: largura fronto-parietal. LIM: largura intermaxilar (lateral aos terceiros molares). LPC: largura máxima entre os processos paracondilares. LZ: distância máxima interzigomática. M12: comprimento dos molares 1 e 2. M3: comprimento do terceiro molar. M3L: largura máxima do terceiro molar. M3M: largura mínima do terceiro molar. ML: comprimento dos molares. PAL: comprimento do palato. PBI: largura da base do incisivo. PM: largura do incisivo.

TABELA 3. Média (mm) e desvio padrão (\pm mm) dos índices craniométricos encontrados em capivaras (*H. hydrochaeris*)

Índices	Crânio	Neurocrânio	Face	Basal	Forame magno
Média	56.4	65.0	122.4	35.6	152.3
\pm DP	\pm 2.0	\pm 6.4	\pm 6.7	\pm 2.7	\pm 6.5

TABELA 4. Valores de média (mm) e desvio padrão (\pm mm) das medidas craniométricas de oito capivaras (*H. hydrochaeris*) agrupadas por faixa etária

Medida	SUBADULTAS*		ADULTAS*	
	Média	DP	Média	DP
AC	59,17	1,72	63,85	2,93
ADO	47,90	3,39	54,29	2,05
AFM	31,94	3,34	34,35	0,25
AFZ	82,07	6,80	90,97	8,12
AJ	28,75	5,02	32,88	2,37
AO	40,52	3,23	47,07	3,95
ATO	57,26	4,61	63,02	4,11
CBC	181,08	16,49	199,55	3,26
CC	209,00	14,93	240,60	0,00
CCB	183,82	14,69	213,29	3,90
CCE	23,91	1,45	26,08	2,01
CD	57,60	5,21	69,20	1,08
CE	59,54	4,63	64,05	0,13
CF	88,85	11,13	106,58	9,31
CID	35,61	1,65	39,20	0,80
CIN	60,59	0,96	68,28	3,71
CM	167,21	13,72	198,91	10,98
CN	127,35	5,62	144,76	6,88
CN1	67,15	8,41	80,95	3,96
CN2	67,48	7,42	79,99	2,11
CP	57,24	1,76	67,38	1,84
CV	93,13	7,59	114,82	8,65
LCO	38,67	0,61	43,16	0,18
LFM	21,99	0,69	22,17	0,28
LFP	42,11	2,15	53,84	5,58
LIM	56,29	2,47	67,43	3,81
LMF	71,66	4,58	84,49	1,78
LN	62,93	1,61	72,73	5,89
LPC	70,41	3,82	80,95	0,38
LZ	115,65	6,10	137,76	5,66
M12	20,24	1,83	22,62	1,11
M3	34,97	1,68	41,06	1,84
M3L	12,39	1,13	15,27	0,61
M3M	9,09	1,33	10,42	0,68
ML	70,45	3,90	82,15	3,48
MMN	57,38	3,12	66,78	2,58
PAL	123,95	10,00	140,12	3,49
PBI	42,19	23,99	32,53	3,03
PM	25,88	2,79	28,68	3,61

*Estimativa de idade com base no descrito por Gorosábel et al. (2016).

Discussão

Nota-se que mesmo roedores filogeneticamente próximos às capivaras podem apresentar uma conformação craniana um pouco distinta. O formato do crânio das capivaras difere do encontrado para a *Cavia aperea*, por exemplo, que possuem um crânio mais piriforme, a órbita mais elíptica, os processos paracondilares menos desenvolvidos, o osso palatino mais curto, o processo zigomático mais lateralizado e os côndilos occipitais menores (Cherem & Ferigolo, 2012). Avaliando-se a mandíbula, pode-se notar algumas diferenças em relação à *Cavia aperea*, em que a porção mais rostral é angulada dorsalmente, a fileira de dentes é convexa, a incisura sigmoide é mais aprofundada, a incisura angular mais ampla, o ramo mandibular é adelgado e o côndilo mandibular é mais protuberante cranialmente (Cherem & Ferigolo, 2012). Já as capivaras possuem a mandíbula em formato trapezoidal, o processo angular é mais abaulado e os terceiros molares superiores muito mais desenvolvidos que os outros dentes molariformes.

Alguns estudos identificaram que o formato do crânio de roedores caviomorfos tende a diferir de acordo com o tamanho corporal (Álvarez et al., 2013; Álvarez, Perez, & Verzi, 2015). Em geral, as capivaras apresentam um crânio mais robusto e retangular, que pode estar associado ao seu maior tamanho em relação a outros caviomorfos. Esta característica supostamente tem relação direta com a diversificação filogenética da espécie, sendo responsável pela diversidade morfológica de todo o crânio, como o viscerocrânio mais alongado, maiores processos paracondilares, menores bulas timpânicas e, na mandíbula, processos condilar e coronoide mais curtos (Álvarez et al., 2013, 2015). A presença de processos paracondilares bem desenvolvidos, como identificado neste estudo, está relacionada à necessidade de um desenvolvimento dos músculos sustentadores da cabeça, curiosamente verificado em espécies que habitam ambientes mais úmidos (Álvarez et al., 2015).

Os resultados das avaliações craniométricas servem como subsídio para os estudos anatômicos, auxiliando na identificação da espécie, do sexo, da idade, dos hábitos, dentre outros (Gorosábel et al., 2016; Hart, Chimimba, Jarvis, O’Riain, & Bennett, 2007; Huson & Page, 1980; Pagel & Blem, 1984; Samuels, 2009). As medidas craniométricas deste estudo são compatíveis com o encontrado para a espécie em outros trabalhos cuja medição craniana foi realizada. Devido à inexistência de informações

como procedência, sexo ou idade dos animais, por se tratar de peças de museu, a diferenciação exata das capivaras e das medidas craniométricas com base nessas variáveis não é possível.

Alguns autores buscaram estimar a idade de capivaras com base em medidas cranianas. De acordo com o publicado por Gorosábel et al. (2016), cujo trabalho identificou que as medidas LMF, MMN, AFZ, LIM e LZ poderiam determinar a faixa etária dos animais, as capivaras do presente estudo poderiam ser classificadas em animais subadultos (4 animais) e adultos (4 animais), alguns na transição entre estas faixas (Gorosábel et al., 2016). Os autores comparam os resultados craniométricos ao padrão de fechamento de suturas basocraniais. Como alguns dos crânios apresentavam-se quebrados na porção basocranial, a realização da estimativa de idade com base no fechamento dessas suturas tornou-se pouco confiável para os animais deste estudo. Neste estudo, também não foi possível obter o sexo dos animais utilizados, pois se tratava de peças oriundas do acervo didático da instituição, que carecia destas informações.

Hirota et al. (2018) também dividiram os animais em jovens e adultos de acordo com as medidas craniométricas (CC, CN, LN, LZ, CF, MMN) e o peso corporal (Hirota et al., 2018). Adicionando as informações desse trabalho ao de Gorosábel et al. (2016), cinco dos animais possuíam faixas etárias bem definidas (capivaras 1, 4, 5, 6 e 8), sendo três identificadas como subadultas e duas, adultas. Já as demais capivaras apresentam medidas cranianas mistas entre as duas faixas, o que poderia indicar um período de transição dentro do desenvolvimento dos animais, quando não é possível diferenciá-los com exatidão, ou diferenças craniométricas baseadas em outros parâmetros, como o sexo. As capivaras 3 e 7, por exemplo, apresentaram divergências para os valores dispostos por Hirota et al. (2018), mas não para o descrito por Gorosábel et al. (2016). Já a capivara 2 apresentou resultados mistos para ambos trabalhos. Entretanto, a realização das medições em crânios de animais de faixa etária semelhante pode explicar a homogeneidade observada nos valores de média das medidas realizadas.

A morfologia do crânio das capivaras compartilha das mesmas características de outros roedores herbívoros. Esses animais apresentam o crânio mais amplo, uma fossa temporal maior, um arco zigomático mais desenvolvido, os incisivos maiores e mais afiados e molares maiores. A região nugal nesses animais também é maior e posicionada mais transversalmente. Segundo Samuels (2009), essas características cranianas mais robustas servem principalmente para abrigar músculos

mastigatórios maiores e suportar o estresse mastigatório de alimentos mais fibrosos (Samuels, 2009).

Além das variáveis de tamanho e dieta, outras características ecológicas, como o tipo de habitat e o padrão de atividade, influenciam diretamente a morfologia craniana (Álvarez et al., 2013; Hautier, Lebrun, & Cox, 2012), sendo possivelmente responsáveis por essas diferenças observadas nesses roedores. Logo, a morfologia craniana de capivaras apresenta variáveis filogenéticas, alométricas e ecológicas.

Anatomicamente e radiograficamente, a dentição das capivaras deste estudo é semelhante ao já descrito para a espécie por Kihara et al. (2018) (Kihara et al., 2018). A arcada dentária das capivaras compartilha das características encontradas em outros roedores como as cobaias (Silverman & Tell, 2005) e pacas (Oliveira et al., 2012). Esses animais possuem um dente incisivo, um pré-molar e 3 molares em cada hemiarcada, além de apresentarem um diastema entre o incisivo e o pré-molar. Esses dentes crescem continuamente por toda a vida (Crossley, 1995; Patton et al., 2015).

É possível observar um entalhe triangular dorsal no contorno do forame magno de capivaras, ao contrário do relatado para a *Cavia* spp., onde o forame magno tem a borda dorsal retilínea ou convexa (Cherem & Ferigolo, 2012). Esse entalhe já foi descrito em algumas espécies, como o *Atelerix albiventris* (Girgiri, Olopade, & Yahaya, 2015), *Cricetomys gambianus* (Olude, Olopade, Fatola, & Onwuka, 2009), *Camelus dromedarius* (Yahaya, Olopade, & Kwari, 2013), *Neopochaena* spp. (Kot, Chan, Yuen, Wong, & Tsui, 2019). Em cães, este perfil do contorno do forame magno já foi considerado como uma alteração morfológica presente nestes animais, porém, estudos recentes consideram que este fato seja apenas uma variação anatômica que não cause prejuízo em cães (Kupczyńska et al., 2017), a qual é bastante comum em raças braquicefálicas (Howard & Lahunta, 2013; Lahunta & Glass, 2009) e não tendo, portanto, nenhum significado funcional.

O meato acústico externo e a bula timpânica de capivaras são menores do que o encontrado para alguns roedores como o *Cavia aperea* (Cherem & Ferigolo, 2012), *Cavia porcellus* e *Chinchilla lanigera* (Mason, 2013; Silverman & Tell, 2005). Álvarez et al. (2013) encontraram uma relação inversamente proporcional entre o tamanho corporal de roedores caviomorfos e o da bula timpânica. Além disso, o tamanho da bula timpânica e a morfologia do basicrânio também apresentaram relação direta entre si e com o tipo de habitat, sendo maiores em animais adaptados a ambientes semiáridos e áridos (Álvarez et al., 2013). Uma maior bula e membranas timpânicas

presumivelmente reduziriam a resistência da orelha média de caviomorfos e aumentariam a transmissão de sons de baixa frequência (Argyle & Mason, 2008), o que pode estar relacionado ao habitat e posição trófica do animal. Como exemplo, as chinchilas vivem em ambientes áridos, cuja propagação sonora é baixa e uma bula timpânica extremamente desenvolvida é útil na comunicação entre os indivíduos e na detecção de predadores (Mason, 2013). Da mesma forma, roedores subterrâneos também se beneficiam da detecção de sons de baixa frequência, e possuem bulas timpânicas maiores que roedores de superfície (Schleich & Vassallo, 2003). Já as capivaras são animais de grande porte, possuindo uma considerável menor pressão predatória em relação aos roedores de pequeno porte, o que pode tornar a detecção de perigos e a comunicação entre os animais em ambientes secos menos importante. Além disso, são roedores de hábitos semiaquáticos, e as características de propagação sonora na água, mais rápida e importante para ondas de baixa frequência, assim como uma maior pressão da água imposta, possivelmente influencia a morfologia do aparato auditivo no sentido de apresentar bulas timpânicas menores e massivas, como ocorre em animais aquáticos, como as baleias (Reidenberg, 2007; Yamato, Khidas, Pyenson, Fordyce, & Mead, 2016).

As imagens radiográficas do crânio de capivaras podem ser comparadas ao já descrito para roedores de pequeno porte, como as cobaias (*Cavia porcellus*), ratos (*Rattus norvegicus*), camundongos (*Mus musculus*) e hamsters (*Mesocricetus auratus*), e também aos lagomorfos, como os coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) (Silverman & Tell, 2005). Possivelmente devido ao seu maior tamanho, algumas estruturas cranianas são mais facilmente visíveis na imagem radiográfica da capivara, o que é o caso de algumas cavidades, como o seio frontal, pouco distinguíveis em camundongos e melhor definidos em animais maiores, como as chinchilas (*Chinchilla lanigera*) e as cobaias (*Cavia porcellus*).

Conforme ocorre em outros animais, as imagens radiográficas permitem a visualização de algumas estruturas externas e internas importantes para a avaliação clínica. Algumas estruturas de particular interesse são visíveis somente a partir das imagens radiográficas, como a cavidade nasal, cavidade etmoidal, seio frontal, cavidade timpânica e raízes dentárias. Além disso, a morfologia e simetria geral do crânio e mandíbula podem ser avaliadas prontamente com a técnica. Entretanto, devido à sobreposição de estruturas anatômicas, outras são de difícil delimitação e, por isso, não podem ser avaliadas, sendo essa uma limitação do exame radiográfico. Além disso,

identificar as margens e limites mesmo de estruturas visíveis não é possível na maior parte dos casos, o que torna a medição da maioria dos pontos craniométricos realizadas nessa pesquisa desaconselhada para imagens radiográficas. Todavia, a realização de medições de diferentes pontos craniométricos, que meçam predominantemente regiões como um todo ou o tamanho total do crânio, podem ser executadas sem maiores problemas (Ozkadif & Eken, 2016).

A reconstrução 3D das imagens tomográficas se mostrou de grande utilidade para a visualização da forma espacial do crânio, após realizados os devidos cortes, inclusive como auxílio à identificação das mesmas estruturas nas imagens radiográficas, como o osso etmoide. Da mesma forma, toda a morfologia craniana é passível de visualização com essa modalidade, tornando a difusão de informação acerca do indivíduo, e da espécie, facilitada. Todavia, uma limitação identificada para a reconstrução 3D foi a falta de marcação da maioria das suturas, tornando impossível delimitar alguns ossos. A mesma dificuldade foi observada para a identificação de alguns forames devido ao sombreamento das imagens.

A morfologia do crânio de capivaras é compatível com a ecologia e filogenia da espécie, podendo ser comparada com animais de hábitos e parentesco próximos. Ainda, as imagens radiográficas e tomográficas foram complementares na identificação das estruturas cranianas e apresentam alto potencial para subsidiar outros estudos e como aliado na rotina clínica de animais silvestres. Ressalta-se que este é um estudo preliminar, focado majoritariamente nas estruturas visíveis em crânios inteiros e nas modalidades radiológicas de rotina. Um maior detalhamento das estruturas cranianas poderá ser obtido em estudos posteriores, com equipamentos tomográficos de maior resolução, que possibilitem imagens mais bem definidas.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

Referências

- Álvarez, A., Perez, S. I., & Verzi, D. H. (2013). Ecological and phylogenetic dimensions of cranial shape diversification in South American caviomorph rodents (Rodentia: Hystricomorpha). *Biological Journal of the Linnean Society*, 110(4), 898–913. <https://doi.org/10.1111/bij.12164>
- Álvarez, A., Perez, S. I., & Verzi, D. H. (2015). The Role of Evolutionary Integration in the Morphological Evolution of the Skull of Caviomorph Rodents (Rodentia: Hystricomorpha). *Evolutionary Biology*, 42(3), 312–327. <https://doi.org/10.1007/s11692-015-9326-7>

- Antonucci, A. M., & Ribeiro, T. S. (2014). Criação comercial de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in Brazil. *Archivos de Zootecnia*, 63(R), 189–198.
- Argyle, E. C., & Mason, M. J. (2008). Middle Ear Structures of *Octodon degus* (Rodentia: Octodontidae), in Comparison with Those of Subterranean Caviomorphs. *Journal of Mammalogy*, 89(6), 1447–1455.
- Aversi-Ferreira, T. A. (2018). Importance of Anatomical Studies on Wild Animals in Veterinary Sciences. *Approaches in Poultry, Dairy & Veterinary Sciences*, 3(2).
- Brombini, G. C., Rahal, S. C., Schimming, B. C., Santos, I. F. C., Tsunemi, M. H., Mamprim, M. J. Teixeira, C. R. (2018). Radiological and osteological study of the pelvic limbs in free-ranging capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 47(3), 239–249.
- Cherem, J. J., & Ferigolo, J. (2012). Descrição do sínclânio de *Cavia aperea* (Rodentia, Caviidae) e comparação com as demais espécies do gênero no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 52(3), 21–50.
- Crossley, D. A. (1995). Clinical aspects of rodent dental anatomy. *Journal of Veterinary Dentistry*, 12(4), 131–135.
- Cubas, Z., Silva, J. C., & Catão-Dias, J. L. (2014). *Tratado de Animais Selvagens* (2º ed). São Paulo: Roca.
- Girgiri, I., Olopade, J. O., & Yahaya, A. (2015). Morphometrics of foramen magnum in African four-toed hedgehog (*Atelerix albiventris*). *Folia Morphologica*, 74(2), 188–191.
- Goodenough, A. E., Smith, A. L., Stubbs, H., Williams, R., & Hart, A. G. (2012). Observer variability in measuring animal biometrics and fluctuating asymmetry when using digital analysis of photographs. *Annales Zoologici Fennici*, 49(1–2), 81–92.
- Gorosábel, A., Corriale, M. J., & Loponte, D. (2016). Methodology for the estimation of the age categories of *Hydrochoerus hydrochaeris* (Rodentia, Hydrochoeridae) through the cranial and femur morphometry. *Mammalia*, 81(1), 83–90.
- Hart, L., Chimimba, C. T., Jarvis, J. U. M., O’Riain, J., & Bennett, N. (2007). Craniometric sexual dimorphism and age variation in the south african cape dune mole-rat (*Bathyergus suillus*). *Journal of Mammalogy*, 88(3), 657–666.
- Hautier, L., Lebrun, R., & Cox, P. G. (2012). Patterns of covariation in the masticatory apparatus of hystricognathous rodents: Implications for evolution and diversification. *Journal of Morphology*, 273(12), 1319–1337.
- Hirota, I. N., Alves, L. S., Gandolfi, M. G., Félix, M., Ranzani, J. J. T., & Brandão, C. V. S. (2018). Tomographic and anatomical study of the orbit and nasolacrimal duct in capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*-Linnaeus, 1766). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 47(4), 298–305.
- Howard, E., & Lahunta, A. (2013). *Miller’s Anatomy of the Dog* (4º ed). St. Louis: Elsevier.
- Huson, L. W., & Page, R. J. C. (1980). Multivariate geographical variation of the red fox (*Vulpes vulpes*) in Wales. *Journal of Zoology*, 191(4), 453–459.
- Kihara, M. T., Rocha, T. A. S. de S., Santos, C. C. C., Fechis, A. D. S., Alves, A. C. A., Sasahara, T. H. de C., & Oliveira, F. S. de. (2018). Anatomoradiographic Description of the Capybara’s Teeth (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Acta Scientiae Veterinariae*, 47(0).
- Kot, B. C. W., Chan, D. K. P., Yuen, A. H. L., Wong, F. H. M., & Tsui, H. C. L. (2019). Morphological analysis of the foramen magnum in finless porpoise (genus *Neophocaena*) using postmortem computed tomography 3D volume rendered images. *Marine Mammal Science*, 35(1), 261–270.

- Kupczyńska, M., Czubaj, N., Barszcz, K., Sokołowski, W., Czopowicz, M., Purzyc, H., Kiełbowicz, Z. (2017). Prevalence of dorsal notch and variations in the foramen magnum shape in dogs of different breeds and morphotypes. *Biologia*, 72(2), 230–237.
- Lahunta, A., & Glass, E. (2009). *Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology*. Missouri: Saunders.
- Mason, M. J. (2013). Of mice, moles and guinea pigs: Functional morphology of the middle ear in living mammals. *Hearing Research*, 301, 4–18.
- Nogueira-Filho, S. L. G. (1996). *Manual de criação de capivaras*. Viçosa: Centro de Produções Técnicas.
- Oliveira, F. S., Martins, L. L., Canola, J. C., Oliveira, P. T., Pécora, J. D., & Pauloni, A. P. (2012). Macroscopic description of teeth of Azara's agouti (*Dasyprocta azarae*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(1), 93–95.
- Olude, M. A., Olopade, J. O., Fatola, I. O., & Onwuka, S. K. (2009). Some aspects of the neurocraniometry of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse). *Folia Morphologica*, 68(4), 224–227.
- Ozkadif, S., & Eken, E. (2016). Craniometric measurements of New Zealand rabbits skull from three-dimensional reconstruction images. *ARC Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2(1), 9–14.
- Pachaly, J. R., Acco, A., Lange, R. R., Nogueira, T. M., Nogueira, M. F., & Ciffoni, E. M. (2001). Ordem Rodentia (Rodents). In M. E. Fowler & Z. S. Cubas, *Biology, medicine and surgery of south american wild animals*. Iowa: Iowa State University Press.
- Pagel, J., & Blem, C. (1984). Prediction of body weights of small mammals from skull measurements. *Acta Theriologica*, 29(31), 367–381.
- Parés-Casanova, P. M. (2017). Mandibular allometry in *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) (Hydrocherinae, Caviidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 57(35), 451–457.
- Patton, J. L., Pardiñas, U. F. J., & D'Elía, G. (2015). *Mammals of South America—Rodents* (Vol. 2). Chicago: The University of Chicago Press.
- Reidenberg, J. S. (2007). Anatomical adaptations of aquatic mammals. *The Anatomical Record*, 290(6), 507–513.
- Robie, A. A., Hirokawa, J., Edwards, A. W., Umayam, L. A., Lee, A., Phillips, M. L., Branson, K. (2017). Mapping the neural substrates of behavior. *Cell*, 170(2), 393-406.e28.
- Rodrigues, M. V. (2013). *Aspéctos ecológicos e controle reprodutivo em uma população de capivaras sinantrópicas no campus da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG* (Tese (Doutorado)). Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Medicina Veterinária.
- Samuels, J. (2009). Cranial morphology and dietary habits of rodents. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 156, 864–888.
- Schimming, B. C., & Pinto e Silva, J. R. de C. (2013). Craniometria em cães (*Canis familiaris*): Aspectos em crânios mesaticéfálicos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 50(1), 5–11.
- Schleich, C. E., & Vassallo, A. I. (2003). Bullar volume in subterranean and surface-dwelling caviomorph rodents. *Journal of Mammalogy*, 84(1), 185–189.
- Silverman, S., & Tell, L. A. (2005). *Radiology of rodents, rabbits and ferrets: An atlas of normal anatomy and positioning*. Missouri: Elsevier.
- Weisbecker, V., & Schmid, S. (2007). Autopodial skeletal diversity in hystricognath rodents: Functional and phylogenetic aspects. *Mammalian Biology*, 72(1), 27–44.

- Yahaya, A., Olopade, J. O., & Kwari, H. D. (2013). Morphological analysis and osteometry of the foramen magnum of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 42(2), 155–159. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2012.01178.x>
- Yamato, M., Khidas, K., Pyenson, N. D., Fordyce, R. E., & Mead, J. G. (2016). Extensively remodeled, fractured cetacean tympanic bullae show that whales can survive traumatic injury to the ears. *Journal of Anatomy*, 228(1), 125–136.

REVISÃO DE LITERATURA

REVISÃO DE LITERATURA

1. A espécie *Hydrochoerus hydrochaeris*

A capivara (*H. hydrochaeris*) é um mamífero de grande porte pertencente à ordem Rodentia e à família Caviidae. Essa família pertence à superfamília Cavoidea, composta também pelas famílias Cuniculidae e Dasyproctidae (54,55). A família Caviidae inclui as subfamílias Caviinae, Hydrochoerinae e Dolichotinae. Na subfamília Hydrochoerinae são reconhecidas duas espécies, *H. hydrochaeris* e *H. isthmus* (54).

Os caviomorfos são um grupo de roedores consideravelmente abundantes na região neotropical e bastante diversos ecologicamente e morfologicamente (55). Apesar desta grande diversidade, todos os roedores caviomorfos são caracterizados por uma mandíbula histricognata, em que a raiz do processo angular é refletido lateralmente ao arcabouço do incisivo inferior; uma musculatura mandibular histricognata, com um masseter medial desenvolvido e que penetra um grande forame infra-orbital para se inserir na lateral do rosto (54). São animais elodontes, nos quais os dentes apresentam crescimento contínuo, hipisodontes, de coroa longa, e a superfície de oclusão dentária é plana (11,54). Os dentes molares das capivaras são mais complexos do que dos outros cavídeos, possuindo cristas alongadas transversais, o que os caracteriza como lofodontes, e o terceiro molar é bastante desenvolvido (54).

Nos membros da família dos cavídeos, a arcada dentária tende a convergir rostralmente, a mandíbula exhibe a condição menos histricognata dentre os roedores histricognatos e o processo lateral do supraoccipital está ausente. Nos Caviinae e Hydrochoerinae, o corpo é robusto, a cabeça é grande e as orelhas e membros são curtos. Já os Dolichotinae apresentam as orelhas e membros alongados, como as lebres (54).

A capivara ocorre vastamente na América do Sul, incluindo todos os estados brasileiros. Está presente nos mais variados tipos de ambiente, em geral até 500 m de distância de uma fonte de água (1,6). Seu estado populacional é considerado estável e seu risco de ameaça é classificado como pouco preocupante pela *International Union for Conservation of Nature* (4). É considerado o maior roedor do mundo, pesando em

média 50 kg, podendo alcançar até 100 kg, e medindo, aproximadamente, 1 metro de comprimento e 0,5 metro de altura (1–4).

Sua anatomia geral é bastante semelhante a de outros roedores da mesma família. Como característica geral da ordem, apresentam dois pares de incisivos, um superior e um inferior, com crescimento contínuo, que sofrem desgaste durante o ato de mastigação. A cavidade oral é fisicamente dividida por um grande diastema que a separa em duas câmaras funcionalmente independentes, uma rostral associada ao comportamento de roer e uma caudal, associada à maceração do conteúdo alimentar (4). O seu corpo é arredondado, apresentando uma curvatura moderada na coluna vertebral, cauda vestigial, membros curtos em relação ao seu volume corporal, pescoço curto e volumoso, cabeça grande e focinho obtuso, com os lábios superiores fendidos (5). A pelagem é longa, espessa e abundante com uma coloração variando de castanho-avermelhada a cinzenta na maior parte do corpo (6,54).

Esses animais apresentam características físicas associadas aos seus hábitos semiaquáticos. Possuem quatro dígitos nos membros torácicos e três nos membros pélvicos, com a presença de membranas interdigitais (1,2). Da mesma forma, seus olhos, narinas e orelhas estão localizados em um mesmo plano, na porção superior da cabeça, mantendo seus sentidos ativos durante a natação (1,5). As orelhas são pequenas e arredondadas e os olhos são grandes e desenvolvidos para visão noturna (5).

São animais de hábitos alimentares herbívoros, que consomem comumente gramíneas e plantas aquáticas (4). Devido à sua alta adaptabilidade ambiental, podem se alimentar de diferentes fontes, como vegetais e grãos de áreas produtivas. Em perímetro urbano, por exemplo, é comum a ingestão de milho ou outros produtos agrícolas (56). São animais de estômago simples e que apresentam como característica marcante um grande ceco que ocupa cerca de 40% do trato digestivo. Essa estrutura é uma câmara fermentativa responsável pelo processamento de até 73% do volume de alimento consumido. Da mesma forma que alguns roedores e lagomorfos, as capivaras apresentam um comportamento denominado cecotrofia, que consiste na ingestão, diretamente do ânus, dos cecotrofos produzidos no ceco. Esse comportamento possibilita um melhor aproveitamento dos nutrientes, principalmente proteínas e vitaminas do complexo B e K (2,4).

Essa espécie não apresenta dimorfismo sexual evidente. Os genitais e o ânus situam-se em um orifício denominado saco anal, revestido por uma prega tegumentar coberta de pelos (1,3). Os machos não possuem escroto e os testículos são aderidos à

parede abdominal. Com isso, é necessária manipulação das genitálias para uma correta sexagem. Elas possuem uma glândula de marcação andrógeno-dependente localizada na região nasal, denominada glândula nasal, que pode auxiliar na diferenciação sexual por se tornar mais proeminente nos machos, atingindo grandes volumes nos machos dominantes. Entretanto, fêmeas em determinados estados reprodutivos também podem apresentar uma glândula nasal bem desenvolvida, podendo ser confundidas com machos submissos (2,3). A maturidade sexual desses animais é alcançada entre 15 a 24 meses de idade e sua longevidade é de aproximadamente 12 anos. As fêmeas são poliétricas e a gestação dura entre 145 a 160 dias, gerando uma ninhada composta por 1 a 8 filhotes por ano (4) ou 3 ninhadas a cada 2 anos (2).

As capivaras são animais gregários que vivem em bandos de aproximadamente 20 animais (3,4). Dependendo da pressão ambiental e antrópica, podem chegar até a 100 animais. Os bandos são compostos por um macho dominante, fêmeas dominantes e submissas, filhotes e machos subordinados. O macho dominante é responsável pela marcação do território, defesa e movimentação do grupo, entretanto as fêmeas e demais machos auxiliam nas funções de defesa territorial (2,3). Os animais jovens tendem a formar novos grupos após o amadurecimento reprodutivo e seguir para outras áreas (2).

O ritmo diário de atividade dessa espécie, composto essencialmente por repouso, forrageamento e interações sociais; é dependente da pressão ambiental e antrópica, sendo animais bastante adaptáveis a alterações sazonais, da disponibilidade de alimentos e à área urbana (56–58). Alguns autores descreveram a espécie como possuindo hábitos diurnos, apresentando maior atividade no início da manhã e ao anoitecer, a depender da pressão ecológica (57, 59). Contudo, alguns estudos comportamentais também identificaram um maior pico de atividade crepuscular ou noturna (3,58,60), possivelmente relacionados à disponibilidade de alimentos e presença do homem.

2. *Estudos anatômicos de H. hydrochaeris*

Em capivaras, a maior parcela dos estudos estão focados nas características anatômicas do esqueleto apendicular (15–21), seguido pelas pesquisas envolvendo o trato gastrointestinal (22–30) e o esqueleto axial (7–14). Já alguns trabalhos trazem

informações sobre a anatomia ocular (31–33), cerebral (34,35), auditiva (10), olfativa (36), de sistemas reprodutor (37), respiratório (38,39) e circulatório (40–43).

Muitos dos estudos relacionados à anatomia dos membros e do esqueleto buscam avaliar as origens evolutivas da funcionalidade das características morfológicas da espécie. Weisbecker e Schmid (2007) (21) avaliaram a morfologia podal de roedores histricognatos relacionadas a aspectos filogenéticos e funcionais. De acordo com os autores, espécies semiaquáticas, como as capivaras, apresentam falanges curtas e longos metatarsos, possivelmente relacionados à necessidade de propulsão natatória e, ao mesmo tempo, para manterem-se a maior parte do tempo em terra. Contrariamente, Candela, Muñoz e García-Esponda (2017) (17) também avaliaram a anatomia podal de caviomorfos e puderam diferenciar variações anatômicas de acordo com os hábitos dos animais, colocando as capivaras mais próximas aos animais de hábitos cursoriais. Ademais, neste estudo as capivaras foram os caviomorfos com tarsos mais robustos e metatarsos mais encurtados, o que os autores ligaram presumivelmente ao seu modo quadrupedal de natação. Ainda, verificaram que os Cavoidea apresentam uma configuração geral mais robusta, a articulação calcâneo-cubóidea é mais distal, e o cuboide é menor. Os autores García-Esponda e Candela (2016) (19) realizaram uma descrição detalhada da musculatura dos membros pélvicos desses animais, concluindo também que os achados podem ser relacionados funcionalmente a hábitos cursoriais, assim como ocorre nos ungulados, com algumas adaptações à propulsão aquática. Rocha-Barbosa et al. (2007) (20) avaliaram as características musculares das mãos e pés de caviideos, identificando uma perda funcional da capacidade de movimento do dígito V e, aparentemente, a evolução de um sistema muscular funcional de três dígitos nas mãos.

Já alguns estudos são voltados para as características anatômicas aplicadas à saúde. Araújo et al. (2013) (15) descreveram a morfologia dos membros pélvicos de capivaras usando imagens radiográficas e tomográficas. Neste estudo, puderam identificar um terceiro trocanter femural e a presença de lúnulas no interior dos meniscos. Também visualizaram que a fíbula distalmente se liga à tíbia por tecido mole e que a patela aponta em seu ápice para a direção distal e em sua base, proximal. Ainda, concluíram que esses animais não apresentam ossos sesamóides do gastrocnêmio. Fioretto et al (2003) (18) descreveram a inervação do membro torácico de capivaras, identificando algumas discrepâncias na origem nervosa em relação a cobaias (*Cavia porcellus*), próximos filogeneticamente, e semelhanças em relação a outros mamíferos.

Brombini et al. (2018) (16) também realizaram um estudo radiológico e osteológico do membro pélvico de capivaras, concluindo que suas características anatômicas assemelham-se a de outros caviomorfos, principalmente das pacas.

Como dito anteriormente, uma expressiva parcela dos estudos relacionados ao esqueleto axial diz respeito à estudos taxonômicos e evolutivos. Márquez et al. (2017) (12) fizeram uma análise comparativa da morfologia do arco zigomático de diversas espécies de mamíferos. Em capivaras, identificaram diferenças na conformação dessa estrutura em relação a outros mamíferos. Kerber e Sánchez-Villagra (2018) (10) compararam a morfologia dos ossículos da orelha interna de roedores caviomorfos. Aeschbach et al. (2016) (7) avaliaram a variação morfológica do crânio, mandíbula e dentição das duas espécies de capivaras (*H. hydrochaeris* e *H. isthmus*), identificando algumas variações específicas que permitem diferenciá-las. Sánchez-Villagra (2009) (14) estudaram o padrão de fechamento das suturas cranianas durante o desenvolvimento de roedores histricognatos. Os autores evidenciaram que as capivaras eram os animais cuja percentagem de suturas mantidas abertas após desenvolvimento era a maior, o que curiosamente pode ser correlacionado com o tamanho corporal. Pilleri e Pilleri (1984) (13) compararam capivaras da Venezuela, Bolívia e Peru e não encontraram diferenças morfológicas significativas que justificassem separações taxonômicas. Hautier et al. (2012) (9) avaliaram o padrão de variação do aparato mastigatório de roedores histricognatos. A maioria dos gêneros maiores vive em áreas abertas e exibem órbitas deslocadas caudalmente, um focinho relativamente mais longo, maiores raízes dentárias e um basicrânio mais estreito.

Menos estudos trazem informações anatômicas que não necessariamente objetivam adicionar às pesquisas taxonômicas. Kihara et al. (2019) (11) fizeram uma descrição anatômica e radiológica dos dentes de capivaras, notando semelhanças com as cobaias, chinchilas e pacas. Wilson e Bode et al. (2013) (8) fizeram uma descrição do esqueleto axial de capivaras, nomeando os ossos que o compõem. Sobre anatomia oftálmica, Montiani-Ferreira et al. (2008) (32) e Fernandez e Dubielzig (2013) (33) realizaram uma descrição detalhada das estruturas oculares da espécie e Hirota et al. (2018) (31) descreveram a órbita e o ducto lacrimal.

As pesquisas envolvendo a anatomia de órgãos internos são mais escassas. Os trabalhos sobre a anatomia cardíaca descrevem a macroscopia do coração e da sua irrigação sanguínea. As características específicas mais importantes encontradas foram uma disposição oblíqua do coração dentro da cavidade, a pouca quantidade de gordura

subepicárdica, a união diafragmática com o ligamento frenicopericárdico, a presença de trabéculas septomarginais de menor tamanho no ventrículo esquerdo – denominadas *Trabeculae septomarginalis sinistrae* (40), a anastomose entre os ramos arteriais interventriculares subsinusal e paraconal e a presença, em quase a totalidade dos animais, de artérias coronárias direita e esquerda, sendo a esquerda a mais calibrosa (40,41).

Já para a circulação sistêmica, Germinaro et al. (1997) (42) estudaram a irrigação arterial do baço, verificando uma correlação entre a quantidade de lobos, que varia de 3 a 7, e a quantidade de segmentos arteriais a partir da ramificação da artéria esplênica, variando de 5 a 16. Steele et al. (2006) (43) estudaram a atrofia natural da carótida que ocorre com a maturação sexual. Considerando que todo suprimento sanguíneo cerebral de animais adultos ocorre pelo sistema vertebro-basilar, foi verificado que entre os 6 meses e 1 ano de vida a artéria basilar sofre remodelamento, com aumento de diâmetro, para suportar um maior volume sanguíneo; e a artéria carótida interna regride a um cordão fibroso. Cao et al. (2011) (61) descreveram os linfocentros presentes na cavidade torácica desses animais.

Uma descrição do sistema respiratório de capivaras identificou que o aparelho respiratório desses animais é formado pelas narinas, dispostas lateralmente ao nariz, fossas nasais, cavidade nasal, seios paranasais, faringe, laringe, traqueia e pulmões. A maior parte da cavidade nasal da capivara é ocupada pelas conchas nasais (39). O pulmão direito apresenta quatro lobos e o esquerdo, dois lobos (38,39). O pulmão direito possui um lobo cranial, um médio, um caudal e um acessório, este subdividido em porções lateral e medial. O pulmão esquerdo possui um lobo caudal e um cranial, subdividido em porções cranial e caudal (38).

Os estudos relativos à anatomia do trato gastrointestinal, em sua maioria, têm como foco principal as características zootécnicas da espécie, voltadas à produção. Os trabalhos principalmente descrevem anatomicamente a língua (30), o estômago (24,25), o intestino delgado (23,26,27), o intestino grosso (29), o ceco (22) e o fígado (28).

Em menores proporções, cita-se uma pesquisa sobre o sistema reprodutor, que identificou que os machos apresentam glândulas vesiculares e próstata, morfológicamente semelhantes aos demais histricomorfos (37).

3. *Estudos craniométricos em animais*

O esqueleto axial é responsável pelo arcabouço de sustentação dos órgãos indispensáveis à manutenção da vida e à percepção ambiental. O crânio aloja estruturas superiores de elevado interesse científico, como o cérebro e os órgãos sensoriais. Além disso, é nessa região que se encontram as entradas do sistema respiratório e digestório. Tais fatos contribuem significativamente para que essa estrutura seja estudada de forma vasta e pluridisciplinar nos mais diversos animais, principalmente o homem (45,62).

O crânio é uma estrutura complexa composta majoritariamente por ossos planos. Com exceção da mandíbula, seus ossos são ligados por articulações fixas chamadas suturas. As suturas mantêm os ossos unidos, porém conferindo capacidade de expansão e contração (63). Os ossos do crânio são classificados em craniais, compondo o neurocrânio, e faciais, o viscerocrânio (62,63).

A morfometria é definida como uma descrição quantitativa, análise e interpretação da forma e variação das estruturas. A partir de um estudo geométrico morfométrico, focado majoritariamente na forma, é possível identificar componentes alométricos e não alométricos para diferenciação dos animais (50). Segundo Finlay (1980) (51), a craniometria é definida na Enciclopedia de Edinburgo de 1813 como a “arte de medir o crânio de animais afim de descobrir suas diferenças específicas”. A craniometria é utilizada como parâmetro de classificação e diferenciação nas mais diversas áreas da ciência. A técnica foi largamente utilizada em estudos antropológicos, raciais, evolutivos (51,64,65) e, hoje, é comumente empregada como auxílio à diferenciação taxonômica de espécies (44) e para avaliação de alterações morfológicas intraespecíficas (45–47). Nesse sentido, a partir de dados craniométricos é possível, em algumas espécies, diferenciar o sexo, a idade, a origem geográfica do indivíduo e o peso ou tamanho (45,66–68).

Como exemplo, Zatón-Drobowska (2018) (69) comparou os crânios de raposas (*Vulpes vulpes*) domésticas e selvagens e constatou diferenças significativas nos valores craniométricos entre esses grupos, relatando que os animais cativos possuíam crânios maiores. Eles concluíram que essas diferenças poderiam ocorrer devido à pressão seletiva para a produção e à origem dos animais.

Já Markov et al. (2017) (68), avaliando o chacal-dourado (*Canis aureus*) presente em diferentes regiões da Bulgária, identificaram diferenças relevantes entre o

crânio desses animais. Ainda, descreveram a diferenciação entre morfologia e tamanho craniano entre animais de diferentes sexos e idades, assim como descrito para outras espécies.

Em um estudo craniométrico de capivaras da Venezuela realizado por Pilleri & Pilleri (1984) (13), comparou-se os dados dos animais com os de coletas anteriores realizadas na Bolívia e no Uruguai. Para isso, foram realizadas dezesseis medições, oferecendo valores absolutos e relativos de tamanho do crânio. Foi observado que os crânios de animais venezuelanos eram maiores do que os demais. Contudo, as proporções observadas entre as medidas não diferiram significativamente entre os animais. Os autores não consideraram relevantes os achados do ponto de vista morfológico e taxonômico.

A técnica vem sendo aperfeiçoada continuamente e sofreu um grande avanço com o advento da radiologia (51) e das demais modalidades de imagem. Tradicionalmente, estudos craniométricos eram realizados por meio da manipulação manual de crânios para medição de pontos ou linhas pré-definidos. Entretanto, esse tipo de análise manual possui uma margem de erro que pode ser considerada alta para determinadas medidas, uma vez que cada crânio pode apresentar uma morfologia diferente, dificultando a localização exata dos pontos para estudo (48). Algumas técnicas utilizando imagens fotográficas (49,50), radiográficas (47) ou tomográficas (48,53) do objeto de estudo surgiram para tentar reduzir esses erros e melhorar a reprodutibilidade das medições.

4. *Estudos imaginológicos em animais*

Os exames de imagem vêm sendo amplamente difundidos na medicina veterinária nos últimos tempos. O exame radiográfico, por exemplo, apresenta-se como uma alternativa útil e com bom custo-benefício no auxílio ao diagnóstico das mais diversas doenças que acometem os animais. Ele é especialmente utilizado na avaliação de tecidos ósseos e, menos comumente, tecidos moles. Contudo, a identificação e avaliação dos ossos da cabeça é difícil quando utilizada a técnica de radiografia convencional por apresentar, principalmente, uma grande sobreposição óssea e ser dificultosa a identificação de estruturas pequenas ou delgadas (4,52).

Pesquisas envolvendo a tomografia computadorizada vem crescendo na área de animais silvestres, especialmente como auxílio aos estudos anatômicos, pois fornece uma visualização suficiente de estruturas que anteriormente só poderiam ser identificadas em peças de cadáveres. Tais pesquisas são de grande utilidade, pois servem como base para a descrição anatômica de animais hígidos que, posteriormente, serão aplicadas no diagnóstico de doenças (4).

Exemplificando, Hirota et al. (2018) (31) realizaram um estudo anatômico, por meio de tomografia computadorizada em crânios macerados, onde efetuou-se a medição craniométrica e, também, a descrição do ducto nasolacrimal e da órbita de capivaras (*H. hydrochaeris*) para posterior correlação entre os parâmetros encontrados. Além disso, os autores relataram que a dacriocistografia é uma técnica de avaliação do ducto nasolacrimal que pode ser realizada com sucesso nesses animais. Um resultado interessante é a forte correlação encontrada entre o comprimento do crânio e o comprimento do ducto em animais jovens, porém não em adultos.

A principal aplicação da técnica é para avaliação do sistema esquelético, embora seja possível avaliação de demais sistemas, como o respiratório, urogenital e digestório. A técnica tomográfica, apesar de mais onerosa e menos disponível na veterinária, é mais vantajosa do que a radiografia, pois não apresenta sobreposição de estruturas na imagem, possibilitando uma melhor visualização e identificação morfológica (4,52).

Além disso, a tecnologia de reconstrução 3D (tridimensional) permite uma melhor visualização das imagens tomográficas, podendo-se até mesmo realçar um órgão ou estrutura de interesse para uma avaliação mais minuciosa (4,48). A tecnologia de reconstrução 3D de imagens do crânio possui ainda mais uma vantagem relacionada aos estudos craniométricos. Ela possibilita a utilização de uma mesma imagem por diferentes pesquisadores e evita a manipulação constante ou repetida de peças anatômicas. Além disso, programas de análise craniométrica permitem uma avaliação mais fiel das linhas de medição, reduzindo a probabilidade de erro entre avaliações (7,48).

Em um estudo essencialmente morfológico, Ozkadif e Eken (2013) (70) analisaram por meio de tomografia computadorizada crânios de coelhos (*Oryctolagus cuniculus*). Eles verificaram que reconstruções 3D de imagens tomográficas podem ser um meio eficaz para avaliação e medição do crânio de animais vivos. Como resultado, puderam identificar correlação significativas em algumas das medidas com o sexo. Da

mesma forma, puderam distinguir diferenças morfológicas entre estruturas, como o forame magno, entre os coelhos e outras espécies comparadas.

Já em um estudo taxonômico e evolutivo, Hautier et al. (2012) (9) também dispuseram da tecnologia de reconstrução 3D, a partir de imagens tomográficas, para avaliar a variação morfológica entre roedores histricognatos a fim de identificar padrões de evolução e diversificação entre as espécies.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

1. Nogueira-Filho SLG. Manual de criação de capivaras. Viçosa: Centro de Produções Técnicas; 1996.
2. Pachaly JR, Acco A, Lange RR, Nogueira TM, Nogueira MF, Ciffoni EM. Ordem Rodentia (Rodents). In: Biology, medicine and surgery of south american wild animals. Iowa: Iowa State University Press; 2001.
3. Rodrigues MV. Aspéctos ecológicos e controle reprodutivo em uma população de capivaras sinantrópicas no campus da Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG [Tese (Doutorado)]. [Departamento de Medicina Veterinária]: Universidade Federal de Viçosa; 2013.
4. Cubas Z, Silva JC, Catão-Dias JL. Tratado de Animais Selvagens. 2º ed. São Paulo: Roca; 2014.
5. Antonucci AM, Ribeiro TS. Criação comercial de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in Brazil. Arch Zootec. 2014;63(R):189–98.
6. Bonvicino CR, Oliveira JA, D’Andrea PS. Guia de roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseados em caracteres externos. Rio de Janeiro: Centro Pan Americano de Febre Aftosa-OPAS/OMS; 2008.
7. Aeschbach M, Carrillo JD, Sánchez-Villagra MR. On the growth of the largest living rodent: Postnatal skull and dental shape changes in capybara species (*Hydrochoerus* spp.). Mamm Biol. 2016;81(6):558–70.
8. Bode FF, Fernández JA, Cao JA, Resoagli JM. Descripción del esqueleto axial del carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Rev Vet. 2013;24(1):44–6.
9. Hautier L, Lebrun R, Cox PG. Patterns of covariation in the masticatory apparatus of hystricognathous rodents: implications for evolution and diversification. J Morphol. 2012;273(12):1319–37.
10. Kerber L, Sánchez-Villagra MR. Morphology of the middle ear ossicles in the rodent perimys (Neopiblemidae) and a comprehensive anatomical and morphometric study of the phylogenetic transformations of these structures in caviomorphs. J Mamm Evol. 2018;1–16.
11. Kihara MT, Rocha AS de S, Santos CCC, Fechis ADS, Alves ACA, Sasahara TH de C, et al. Anatomoradiographic description of the capybara’s teeth (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Acta Sci Vet. 2019;47(0):1624.
12. Márquez S, Pagano AS, Schwartz JH, Curtis A, Delman BN, Lawson W, et al. Toward understanding the mammalian zygoma: Insights from comparative anatomy, growth and development, and morphometric analysis. Anat Rec. 2017;300(1):76–151.
13. Pilleri G, Pilleri O. Craniometric considerations on the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) from the llano of Apure, Venezuela. Mammalia. 1984;48(1):81–84.
14. Wilson LAB, Sánchez-Villagra MR. Heterochrony and patterns of cranial suture closure in hystricognath rodents. J Anat. 2009;214(3):339–54.
15. Araújo FAP, de Sesoko NF, Rahal SC, Teixeira CR, Müller TR, Machado MRF. Bone morphology of the hind limbs in two caviomorph rodents. Anat Histol Embryol. 2013;42(2):114–23.
16. Brombini GC, Rahal SC, Schimming BC, Santos IFC, Tsunemi MH, Mamprim MJ, et al. Radiological and osteological study of the pelvic limbs in free-ranging capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Anat Histol Embryol. 2018;47(3):239–49.

17. Candela AM, Muñoz NA, García-Esponda CM. The tarsal-metatarsal complex of caviomorph rodents: Anatomy and functional-adaptive analysis. *J Morphol.* 2017;278(6):828–47.
18. Fioretto ET, Castro MF de S, Guidi WL, Mainardi R, Souza RR de, Ribeiro A a. CM. Gross anatomic organization of the capybara's (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Brachial Plexus. *Anat Histol Embryol.* 2003;32(3):169–74.
19. García-Esponda CM, Candela AM. Hindlimb musculature of the largest living rodent *Hydrochoerus hydrochaeris* (Caviomorpha): Adaptations to semiaquatic and terrestrial styles of life. *J Morphol.* 2016;277(3):286–305.
20. Rocha-Barbosa O, Loguercio MFC, Renous S, Gasc J-P. Comparative study on the forefoot and hindfoot intrinsic muscles of some cavioida rodents (Mammalia, Rodentia). *Zoology.* 2007;110(1):58–65.
21. Weisbecker V, Schmid S. Autopodial skeletal diversity in hystricognath rodents: Functional and phylogenetic aspects. *Mamm Biol.* 2007;72(1):27–44.
22. Bressan MS, Fonseca CC, Menin E, Paula TAR de. Aspectos anátomo-histológicos e neuroendócrinos do ceco da capivara *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia). *Arq Ciênc Veterinárias E Zool UNIPAR.* 2008;8(2):197–203.
23. Freitas NL de, Paula MC de, Peri SHV, Ferraz RH dos S. Morfologia do intestino delgado de capivara - *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus, 1766). *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2008;45(2):122–30.
24. Moraes PT de B, Pacheco MR, Souza WM de, Silva RAD, Neto PBS, Barreto CS de F, et al. Morphological aspects of the capybara stomach (*Hydrochoerus hydrochaeris*): Gross and microscopic structure. *Anat Histol Embryol.* 2002;31(6):362–6.
25. Moraes PT de B, Machado de Souza W, Bezerra da Silva Neto P, Siqueira de Figueiredo Barretto C, Ribeiro AACM. The muscular organization of the stomach of Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*): an architectural view. *Ann Anat - Anat Anz.* 2005;187(1):51–6.
26. Oshio LT, Bressan MS, Fonseca CC, Paula TAR de, Neves MTD das. Aspectos biométricos corporais e dos intestinos da capivara *Hydrochoerus hydrochaeris*, com ênfase no desenvolvimento do ceco. *Biotemas.* 2004;17(2):177–90.
27. Rodrigues SS, Fonseca CC, De Paula TAR, Peixoto JV. Aspectos biométricos corporais e do intestino delgado da capivara *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 (Mammalia, Rodentia, Hydrochaeridae). *Biotemas.* 2006;19(3):79–86.
28. Souza WM de, Souza NTM de, Carvalho RG de, Correa CN. Arrangement of hepatic artery in capybara (*Hydrochaerus hydrochaeris*). *Ciênc Rural.* fevereiro de 2007;37(1):141–5.
29. Vazquez N, Senos R, Senos R. Anatomy of the gross intestine of the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Am J Anim Vet Sci.* 2012;7(2):92–5.
30. Watanabe I-S, Dos Santos Haemmerle CA, Dias FJ, Cury DP, Da Silva MCP, Sosthines MCK, et al. Structural characterization of the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) tongue by light, scanning, and transmission electron microscopy. *Microsc Res Tech.* 2013;76(2):141–55.
31. Hirota IN, Alves LS, Gandolfi MG, Félix M, Ranzani JJT, Brandão CVS. Tomographic and anatomical study of the orbit and nasolacrimal duct in capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*-Linnaeus, 1766). *Anat Histol Embryol.* 2018;47(4):298–305.
32. Montiani-Ferreira F, Truppel J, Tramontin MH, Vilani RGD, Lange RR. The capybara eye: clinical tests, anatomic and biometric features. *Vet Ophthalmol.* 2008;11(6):386–94.

33. Fernandez JR-R, Dubielzig RR. Ocular comparative anatomy of the family Rodentia. *Vet Ophthalmol.* 2013;16(s1):94–9.
34. Campos GB, Welker WI. Comparisons between brains of a large and a small hystricomorph rodent: capybara, *Hydrochoerus* and guinea pig, *Cavia*. Neocortical projection regions and measurements of brain subdivisions. *Brain Behav Evol.* 1976;13(4):243–66.
35. Branco ER, Guimarães A, Miglino MA, Didio LJA, Jr RN, Souza WM de. Pesquisa anatômica da glândula pineal em capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Braz J Vet Res Anim Sci.* 1997;34(4):191–5.
36. Suárez R, Santibáñez R, Parra D, Coppi AA, Abrahão LMB, Sasahara THC, et al. Shared and differential traits in the accessory olfactory bulb of caviomorph rodents with particular reference to the semiaquatic capybara. *J Anat.* 2011;218(5):558–65.
37. Fernandez DS, Ferraz RHS, Melo APF, Rodrigues RF, Souza WM. Histological analysis of urethral glands of the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Pesqui Veterinária Bras.* 2010;30(4):373–7.
38. Citrângulo M, Ribeiro AACM, Moraes PT de B, Machado MRF. Lobação e vascularização arterial do pulmão da capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Arq Ciênc Veterinárias E Zool UNIPAR.* 2001;4(2):119-27.
39. Moreto AO, Oliveira FD, Bertassoli BM, Assis Neto AC. Morfologia comparada do aparelho respiratório de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Pesqui Veterinária Bras.* 2017;37(3):269–77.
40. Magariños L, Benech A, Vazquez N, Pérez W. Aspectos macroanatómicos del corazón del carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Int J Morphol.* 2018;36(1):235–42.
41. Tenani SC, Melo APF de, Rodrigues RF. Estudo da vascularização arterial em corações de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris* - Carleton, M. D. 1984). *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2010;47(3):203–7.
42. Germinaro A, Branco ER, Miglino MA, Didio LJA, Souza WM de. A segmentação arterial do baço da capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Braz J Vet Res Anim Sci.* 1997;34(4):196–202.
43. Steele C, Fioretto ET, Sasahara THC, Guidi WL, de Lima AR, Ribeiro AACM, et al. On the atrophy of the internal carotid artery in capybara. *Cell Tissue Res.* 2006;326(3):737–48.
44. Sonet G, Colyn M, Verheyen E, Nagy ZT, Wendelen W, Rompaey HV, et al. Afrotropical forest-dwelling mongooses (Mammalia: Herpestidae: *Crossarchus*) investigated by craniometry and mitochondrial DNA. *J Zool Syst Evol Res.* 2014;52(4):323–30.
45. Huson LW, Page RJC. Multivariate geographical variation of the red fox (*Vulpes vulpes*) in Wales. *J Zool.* 1980;191(4):453–9.
46. Landre P, Lapointe F. Within-population craniometric variability of insular populations of deer mice, *Peromyscus paniculatus*, elucidated by landscape configuration. *OIKOS.* 2001;95(1):136–46.
47. Andreis ME, Polito U, Veronesi MC, Faustini M, Giancamillo MD, Modena SC. Novel contributions in canine craniometry: Anatomic and radiographic measurements in newborn puppies. *PLOS ONE.* 2018;13(5):e0196959.
48. Neves LP. Medidas e detecção de morfologia para craniometria usando modelos 3D [Dissertação (Mestrado)]. [Departamento de Eletrônica, Telecomunicações e Informática]: Universidade de Aveiro; 2014.

49. Goodenough AE, Smith AL, Stubbs H, Williams R, Hart AG. Observer variability in measuring animal biometrics and fluctuating asymmetry when using digital analysis of photographs. *Ann Zool Fenn.* 2012;49(1-2):81-92.
50. Parés-Casanova PM. Mandibular allometry in *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) (Hydrocherinae, Caviidae). *Papéis Avulsos Zool.* 2017;57(35):451-7.
51. Finlay LM. Craniometry and cephalometry: a history prior to the advent of radiography. *Angle Orthod.* 1980;50(4):312-21.
52. Thrall DE. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology.* Missouri: Elsevier; 2018.
53. Batista UC, Joaquim AF, Fernandes YB, Mathias RN, Ghizoni E, Tedeschi H. Computed tomography evaluation of the normal craniocervical junction craniometry in 100 asymptomatic patients. *Neurosurg Focus.* 2015;38(4):E5.
54. Patton JL, Pardiñas UFJ, D'Elía G. *Mammals of South America - Rodents. Vol. 2.* Chicago: The University of Chicago Press; 2015.
55. Álvarez A, Perez SI, Verzi DH. Ecological and phylogenetic dimensions of cranial shape diversification in South American caviomorph rodents (Rodentia: Hystricomorpha). *Biol J Linn Soc.* 2013;110(4):898-913.
56. Felix GA. Comportamento alimentar e qualidade de carne de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766) de vida livre, em áreas agrícolas [Dissertação (Mestrado)]. [Departamento de Zootecnia]: Universidade Federal de Grande Dourados; 2012.
57. Alho CJR, Campos ZM, Gonçalves HC. Ecologia de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Rodentia) do pantanal: - II Atividade, sazonalidade, uso do espaço e manejo. *Rev Bras Biol.* 1987;47(1):99-110.
58. Vargas FC, Vargas SC, Moro MEG, Silva V, Carrer CRO. Monitoramento populacional de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766) em Pirassununga, SP, Brasil. *Ciênc Rural.* 2007;37(4):1104-8.
59. Macdonald DW. Dwindling resources and the social behaviour of Capybaras, (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (Mammalia). *J Zool.* 1981;194(3):371-91.
60. Pinto GRM. Contagem de fezes como índice de abundância de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) [Dissertação (Mestrado)]. [Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"]: Universidade de São Paulo; 2003.
61. Cao JA, Bode FF, Resoagli JM, Millán SG. Linfocentros de la cavidad torácica del carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus 1766). *Rev Vet.* 2011;22(2):139-40.
62. Jensen-Jarolim E. *Comparative Medicine: Anatomy and Physiology.* Austria: Springer; 2014.
63. Akers R, Denbow D. *Anatomy and Physiology of Domestic Animals.* Iowa: John Wiley & Sons; 2013.
64. Robertson J. Investigating human evolution using digital imaging and craniometry. 2007;69(3):e.37-41.
65. Anderson K, Perrin C. Thinking with the head. *J Cult Econ.* 2016;2(1-2):83-98.
66. Dechow PC. Estimation of body weights from craniometric variables in baboons. *Am J Phys Anthropol.* 1983;60(1):113-23.
67. Pagel J, Blem C. Prediction of body weights of small mammals from skull measurements. *Acta Theriol (Warsz).* 1984;29(31):367-81.

68. Markov GG, Kocheva MA, Gospodinova MG. Patterns of sexual dimorphism and phenetic variety among the populations of the Golden Jackal (*Canis aureus*) in Bulgaria: Insights from craniometric data. *Balk J Wildl Res.* 2017;4(1):29–42.
69. Zatoń-Dobrowolska M, Moska M, Mucha A, Wierzbicki H, Dobrowolski M. Variation in fur farm and wild populations of the red fox, *Vulpes vulpes* (Carnivora: Canidae) — Part II: Craniometry. *Can J Anim Sci.* 2017;98(1):84–97.
70. Ozkadif S, Eken E. Craniometric measurements of New Zealand rabbits skull from three-dimensional reconstruction images. *ARC J Anim Vet Sci.* 2016;2(1):9–14.

ANEXOS

ANEXO 1. Atestado da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UNESP Botucatu



ATESTADO

Atesto que o Projeto "Estudo anatômico e imaginológico do crânio de capivaras (Hydrochoerus hydrochaeris)" Protocolo CEUA 0212/2018, a ser conduzido por Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira, responsável/orientador Bruno César Schimming, para fins de pesquisa científica/ensino - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA.

Finalidade	PESQUISA CIENTÍFICA
Vigência do projeto	01/10/2018 a 01/12/2018
Nome Comum / Espécie / Linhagem	CAPIVARA / HYDROCHOERUS HYDROCHAERIS / não se aplica
Raça	não aplica
Nº de animais machos	0
Nº de animais fêmeas	0
Nº de animais sexo indefinido	15
Peso médio de animais machos	0
Peso médio de animais fêmeas	0
Peso médio de animais sexo indefinido	0
Idade	0 ano(s) e 0 mes(es) e 0 dia(s).
Procedência	Laboratório de Anatomia - Instituto de Biociências

Projeto de Pesquisa aprovado em reunião da CEUA em 12/09/2018

JOSÉ NICOLAU PRÓSPERO PUOLI FILHO
Presidente da CEUA da FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu