



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Araçatuba

RODRIGO ANTONIO FERNANDES

**Análise craniométrica comparada entre cães domésticos e
canídeos sul-americanos**

Araçatuba

2023

RODRIGO ANTONIO FERNANDES

**Análise craniométrica comparada entre cães domésticos e
canídeos sul-americanos**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal (Área de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

Orientador: Prof. Dr. Yuri Tani Utsunomiya

Araçatuba

2023

F363a

Fernandes, Rodrigo Antonio

Análise craniométrica comparada entre cães domésticos e canídeos sul-americanos / Rodrigo Antonio Fernandes. -- , 2023

54 f. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba,

Orientador: Yuri Tani Utsunomiya

1. Crânio. 2. Caninos. 3. Domesticação. 4. Cerdocyonina. 5.
Sistema esquelético. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

Análise craniométrica comparada entre cães domésticos e canídeos sul-americanos

AUTOR: RODRIGO ANTONIO FERNANDES

ORIENTADOR: YURI TANI UTSUNOMIYA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciência Animal,
área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. YURI TANI UTSUNOMIYA (Participação Presencial)

Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. SUELY REGINA MOGAMI BOMFIM (Participação Presencial)

Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dra. LUCIANA DEL RIO PINOTI (Participação Presencial)

Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Dra. RAFAELA BEATRIZ PINTOR TORRECILHA (Participação Presencial)

Doutora em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP

Prof. Dr. MARCO ANTONIO RODRIGUES FERNANDES (Participação Presencial)

Departamento de Dermatologia e Radioterapia / Faculdade de Medicina - Câmpus de Botucatu/UNESP

Araçatuba, 17 de julho de 2023.

*Este trabalho é dedicado a “DEUS, a
inteligência suprema, causa primária de todas
as coisas”.*

Para Flávia, minha esposa, com carinho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, diariamente, sigo agradecendo por tudo que Ele colocou no meu caminho. “Obrigado, Pai, por tudo o que fizestes!”

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba; ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado.

Ao Prof. Doutor. Yuri Tani Utsunomiya, pela amizade, atenção e apoio e disposição durante o processo de orientação ao nosso projeto inicial até a finalização deste, favorecendo, em nossas conversas, o fomento científico para minha formação e alento na produção deste trabalho científico com a correção e confecção desta tese. Homem simples, de inteligência ímpar, pensamento e comportamento fora da curva da maioria, acima da média, com predicados evolutivos-mentais diferentes daqueles que estão na face mediana da amostragem habitual.

Ao Prof. Dr. Fabiano Antonio Cadioli, nosso “Xóvem” amigo que nestes, anos de convivência, muito me ensinou, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual e pessoal, além da amizade e disposição durante nossas conversas, cafés, “pingas” e projetos. “Valeu Xixer!”

A profa. Dra. Luciana Del Rio Pinoti pela agradabilidade e receptividade nas nossas conversas em sua sala, mostrando os bons caminhos a serem percorridos, desde a montagem do projeto para este trabalho e, diante as dificuldades encontradas, nas respostas e oportunidades que nos deu junto ao Setor de Radiologia do Hospital Veterinário e na possibilidade do agraciamento de acompanhar nossos projetos vindouros, conduzindo agradavelmente as nossas conversas ao ponto em comum no horizonte vindouro.

A todos os funcionários do Departamento de Apoio Produção e Saúde Animal - DAPSA, em nome do Chefe de Depto. Prof. Assistente Doutor Hamilton Caetano e a Vice-chefe do Depto Profa. Associada Katia Denise Saraiva Bresciani, pela prestimosidade à minha pessoa diante a, diante às adversidades encontradas durante a pesquisa de campo e confecção deste trabalho.

Aos Professores Associados Wagner André Pedro e José Fernando Garcia meu agradecimento pela colaboração e abertura em suas Disciplinas para o Estágio de docência.

A Sra Isabella Beraldo Antonello, Secretária do Departamento de Produção e Saúde Animal, pela solicitude em nos atender frente às dúvidas, questionamentos, prazos relacionados ao rito e estágios, formulários. Foi de fundamental importância os seus auxílios!

Ao Sr. Pedro Luís Florindo (Tatu) pela amizade, pelos sorrisos, viagens, almoços, bate papos e aos incentivos dados à minha pessoa nos momentos em que a dúvida se fez aparente.

Aos funcionários e técnicos Alexandre José Teixeira (Alê), Adão Ângelo Custódio (Dão), Carlos Renato (Carlão) pelo bom humor diário de vocês, por todo carinho e atenção que sempre me trataram, e por estarem sempre dispostos e disponíveis para me auxiliar diante a este trabalho.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação da Faculdade de Veterinária de Araçatuba UNESP, pela atenção, orientação e cordialidade.

Às meninas e rapazes da zeladoria que ao passar pelo laboratório de Biofísica deixaram sempre um pouco do seu bom humor, trazendo bons fluidos ao ambiente com nossas conversas descontraídas.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Veterinária de Araçatuba – UNESP, pela colaboração e presteza em todos os momentos.

“...porque se chamavam homens, também se chamavam sonhos e sonhos não envelhecem”

Milton Nascimento

FERNANDES, R. A. **Análise craniométrica comparada entre cães domésticos e canídeos sul-americanos**. 2023. 54 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araçatuba, 2023.

RESUMO

Os cães domésticos (*Canis lupus familiaris*) possuem tanta variação na morfologia do esqueleto craniano (EC) quanto toda a ordem Carnivora. Esta variação resulta da seleção artificial mediada por humanos, a qual favoreceu a seleção direcional de genes envolvidos no desenvolvimento de ossos e cartilagens. Em contraste, canídeos selvagens apresentam menor variação do EC devido a restrições impostas pela seleção natural. Portanto, o uso de cães domésticos como base para a análise craniométrica comparativa de espécies de canídeos selvagens é uma estratégia promissora no estudo da evolução craniana. Neste trabalho, um conjunto de 124 cães domésticos foi utilizado na análise comparativa entre duas espécies de canídeos sul-americanos: o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*, n = 9) e o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*, n = 8). Um total de 18 medições craniométricas foram feitas a partir desses espécimes, e 8 índices craniométricos foram calculados a partir dessas medições. Uma análise de correlação evidenciou que as 26 variáveis podem ser agrupadas em: (i) indicadores de comprimento rostro-caudal, (ii) altura ventro-dorsal e largura látero-lateral, (iii) índices cranianos e (iv) dimensões do forame magno. A exploração destas correlações em uma Análise de Componentes Principais (PCA) mostrou que o EC do cachorro-do-mato se assemelha a pequenos crânios dolicocefalos de cães domésticos, enquanto o EC do lobo-guará é mais próximo dos cães dolicocefalos maiores. Uma craniometria indireta realizada por meio de imagens radiográficas não diferiu significativamente da análise direta, sugerindo a viabilidade de futuras avaliações *in vivo*. Estes resultados mostram a utilidade da craniometria comparada no estudo da ecologia e evolução de canídeos selvagens.

Palavras-chave: Crânio. Caninos. Domesticação. Cerdocyonina. Sistema esquelético.

FERNANDES, R. A. **Comparative craniometric analysis between domestic dogs and South American canids**. 2023. 54 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araçatuba, 2023.

ABSTRACT

Domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) possess as much variation in cranial skeleton (CS) morphology alone as all carnivores do as an entire order. Most of that variation results from human-mediated selective breeding, which favored the directional selection of genes involved in bone and cartilage development. In contrast, wild canids present lower within-species variation in CS morphology owing to the fitness constraints imposed by stabilizing natural selection. Therefore, the use of domestic dogs as the basis for comparative craniometric analysis of wild canid species is a promising strategy in the study of CS evolution. Here, a set of 124 domestic dogs were used in a comparative analysis with two species of South American canids, namely maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*, n = 9) and crab-eating fox (*Cerdocyon thous*, n = 8). A total of 18 craniometric measurements were taken from these specimens and 8 craniometric indices were further computed from those measurements. A correlation analysis showed that the 26 variables could be clustered into: (i) indicators of rostro-caudal length, (ii) ventro-dorsal height and latero-lateral width, (iii) cranial indices and (iv) dimensions of the foramen magnum. The exploration of these correlations in a Principal Component Analysis (PCA) showed that CS of crab-eating foxes resembled small dolichocephalic skulls of domestic dogs, whereas the CS of maned wolves were closer to that of larger dolichocephalic dogs. An indirect craniometry performed using radiographic images did not differ significantly from traditional craniometric analysis, suggesting the feasibility of future *in vivo* craniometric evaluations. These results show the utility of comparative craniometric analysis in the study of ecology and evolution of wild canids.

Keywords: Cranium. Canines. Domestication. Cerdocyonina. Skeletal system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos craniométricos (caixas azuis) e medidas craniométricas (caixas brancas)	23
Figura 2 - Exemplos de espécimes de cão, cachorro-do-mato e lobo-guará	28
Figura 3 - Distribuição de medidas craniométricas em cães e canídeos selvagens	32
Figura 4 - Mapa de calor dos parâmetros craniométricos	35
Figura 5 - Análise multivariada dos parâmetros craniométricos	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas craniométricas	24
Tabela 2 - Índices cranianos	25
Tabela 3 - Média $\pm$ desvio padrão (tamanho amostral) das variáveis craniométricas, em mm	31
Tabela 4 - Média $\pm$ desvio padrão (tamanho amostral) dos índices cranianos, em mm	33
Tabela 5 - Correlação entre análises craniométrica tradicional e radiográfica	34

LISTA DE ABREVIATURAS

EC	Esqueleto Craniano
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
HCA	<i>Hierarchical Clustering Analysis</i> (Análise de Agrupamento Hierárquico)
PCA	<i>Principal Component Analysis</i> (Análise de Componentes Principais)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Canídeos Sul-americanos	17
2.2 Morfotipos Cranianos	19
2.3 Craniometria	21
3 PROPOSIÇÃO	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 Declaração de Ética	27
4.2 Esqueletos Cranianos	27
4.3 Craniometria Tradicional	28
4.4 Craniometria Radiográfica	29
4.5 Análises Estatísticas	29
5 RESULTADOS	31
5.1 Comparação das Variáveis e Índices Craniométricos	31
5.2 Comparação entre Craniometria Tradicional e Radiográfica	33
5.3 Correlação entre Variáveis e Índices Cranianos	35
5.4 Análise Multivariada das Variáveis Craniométricas	36
6 DISCUSSÃO	38
7 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41
ANEXO A – DECLARAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	50
ANEXO B – AUTORIZAÇÃO PARA ATIVIDADES COM FINALIDADE CIENTÍFICA	51

1 INTRODUÇÃO

A invenção da agricultura e a domesticação de plantas e animais há mais de 11.000 anos atrás foram responsáveis pela transição do homem de tribos de caçadores e coletores para sociedades sedentárias organizadas (LARSON; FULLER, 2014; ZEDER, 2012). A prática da seleção artificial pelo homem resultou no surgimento de raças de animais e de variedades de plantas que acumularam grandes diferenças fenotípicas com seus ancestrais selvagens (WILKINS; WRANGHAM; FITCH, 2014).

Embora as mudanças fenotípicas de animais e plantas tenham sido fundamentais para a emergência das civilizações modernas, a primeira espécie a ser domesticada pelo homem não foi a de um animal de produção ou a de uma planta destinada à alimentação, mas sim a de um carnívoro: o lobo cinzento ancestral (*Canis lupus*), o qual se auto-domesticou tornando-se o cão doméstico (*Canis lupus familiaris*). Os cães foram provavelmente domesticados há 23.000 anos atrás (PERRI et al., 2021), sendo assim plausível que os humanos tenham descoberto a tecnologia de seleção artificial por meio de sua interação com os cães antes da invenção da agricultura (JOUVENTIN; CHRISTEN; DOBSON, 2016; KHOKHLOV; OREKHOVA, 2018).

A seleção artificial dos cães resultou em uma explosão de diversidade fenotípica, embora às custas da redução da variabilidade genética (MARSDEN et al., 2016). Este fenômeno é explicado pelo fato de que a seleção artificial recompensa a reprodução de animais que possuem variantes da sequência de DNA que impactam funcionalmente genes principais, levando assim à expressão de fenótipos extremos (BOYLE; LI; PRITCHARD, 2017; MATHIESON, 2021). Este processo gera inflação da variância fenotípica enquanto promove decréscimo da variância genética. Isto é bem ilustrado pelo caso da estatura em cães, onde apenas 14 variantes da sequência de DNA são responsáveis por 95% da imensa variação em altura e peso corporal observada entre as raças de cães modernas (PLASSAIS et al., 2019). Consequentemente, os cães domésticos variam muito em tamanho, com alguns cães sendo tão pequenos quanto um Chihuahua (peso corporal não excedendo 3kg) ou tão grandes quanto um Dogue Alemão (peso corporal variando entre 50 e 80 kg) (AMERICAN KENNEL CLUB, 2022).

A influência humana na evolução recente dos cães é também notoriamente observada em características como o comprimento dos pelos, a cor da pelagem e o formato das orelhas e da cauda, além da morfologia craniana. Todas estas características citadas apresentam excepcional variabilidade fenotípica com arquiteturas genéticas relativamente simples (BOYKO et al., 2010; SCHOENEBECK; OSTRANDER, 2013). A modificação do esqueleto craniano (EC) canino desde a domesticação é particularmente intrigante, uma vez que a variação na morfologia craniana entre raças de cães domésticos é maior do que a variação encontrada entre as diferentes espécies de canídeos selvagens existentes (CALAWAY, 2001), chegando a se aproximar da variação encontrada entre diferentes espécies de carnívoros selvagens (DRAKE; KLINGENBERG, 2010).

A teoria da evolução prediz que espécies evoluindo por meio de deriva genética e seleção natural apresentam diversidade fenotípica limitada (i.e., baixa variância fenotípica) que é altamente correlacionada com função e adaptação em decorrência de seleção de estabilização. Esta observação contrasta com a alta diversidade fenotípica (i.e., alta variância fenotípica) encontrada em linhagens domésticas, nas quais grandes diferenças fenotípicas resultam da seleção artificial para morfologia, desempenho produtivo, e outros critérios arbitrados pelo ser humano. Desta forma, a utilização de espécimes de cães domésticos como um referencial de alta variação no estudo comparativo de EC de canídeos selvagens pode ser de grande valia no avanço da compreensão da ecologia e da evolução da família Canidae, em especial na elucidação da adaptação craniana em espécies de canídeos sul-americanos suscetíveis a ameaças de atividades humanas, como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Canídeos Sul-americanos

A família Canidae é dividida em quatro grupos monofiléticos que divergiram de 7 a 6 milhões de anos atrás (WAYNE et al., 1997). Estes grupos consistem nos clados: (i) de animais semelhantes à raposa vermelha (tribo Vulpini); (ii) de animais semelhantes ao lobo (subtribo Canina); (iii) da raposa-das-ilhas (*Urocyon spp.*); e (iv) de animais sul-americanos (subtribo Cerdocyonina) (LINDBLAD-TOH et al., 2005). A América do Sul é o lar de um dos *hotspots* mais proeminentes de diversidade de canídeos do mundo, albergando um total de 10 espécies. Estas espécies radiaram de uma única população ancestral há cerca de 4 milhões de anos atrás (PERINI; RUSSO; SCHRAGO, 2010) e formaram três subclados: o primeiro abrangendo espécies do gênero *Lycalopex*; o segundo consistindo no lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e no cachorro-vinagre (*Speothos venaticus*); e o terceiro incluindo o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e o cachorro-do-mato-de-orelhas-curtas (*Atelocynus microtis*) (CHAVEZ et al., 2022).

Entre as espécies de canídeos sul-americanos citadas, o lobo-guará e o cachorro-do-mato possuem a característica de serem encontrados comumente em condição de simpatria, isto é, com alta correlação de distribuição geográfica (MACFADEM JUAREZ; MARINHO-FILHO, 2002). A ocorrência de carnívoros simpátricos é facilitada pelas diferenças de tamanho entre eles, pois eles se especializam em presas de tamanhos diferentes (SMITH; ERB; PAULI, 2023). Por serem distribuídos em áreas de savana tropical, onde a densidade populacional humana é maior em comparação com outras áreas, o estado de conservação destas duas espécies está posicionado entre “Segura” e “Quase Ameaçada” devido à escalada de interferências antropogênicas tais como a fragmentação de habitats naturais, os atropelamentos em rodovias e a caça ilegal (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES - IUCN, 2022). Desta forma, a elucidação da ecologia destas espécies é de suma importância para sua efetiva conservação.

O lobo-guará é o maior canídeo de vida livre da América do Sul, com sua distribuição geográfica abrangendo os campos livres do centro do Brasil, onde há alta incidência de atividade agrícola e pecuária. Animais da espécie possuem o hábito de se deslocarem por grandes extensões, podendo cobrir áreas superiores a 100 km² (CARVALHO; VASCONCELLOS, 1995). O lobo-guará demonstra uma grande atração por áreas do cerrado aberto, e uma grande rejeição à Mata Atlântica (QUEIROLO et al., 2011). Estes animais são comumente avistados em áreas de construções humanas e próximos a rodovias durante o período noturno (FORMAN et al., 2003), provavelmente devido ao hábito de caça em períodos crepusculares. Sua alimentação é diversificada e inclui uma variedade de frutos, pequenos mamíferos, artrópodes, aves e répteis (ARRUDA BUENO; MOTTA-JUNIOR, 2004).

O cachorro-do-mato é um carnívoro selvagem comumente distribuído de forma ampla pela América do Sul (SOARES et al., 2009), encontrado do norte da Argentina ao norte do Estado de Mato Grosso, sendo um canídeo Neotropical que apresenta porte médio e que anda em pequenas matilhas ou em duplas. Apesar de não ser uma espécie típica da floresta amazônica, há registros da presença desse animal na região nordeste do Pará. O cachorro-do-mato é considerado pouco ofensivo, não estando incluso no repertório do ICMBio e em nenhuma listagem da fauna brasileira em perigo de extinção, entretanto é um dos grupos de carnívoros com maiores índices de mortes por atropelamentos em comparação a outras espécies (SANTOS et al., 2018).

Uma estratégia particularmente poderosa e de baixo custo no estudo evolutivo de espécies selvagens é a análise da forma e do tamanho do EC, a qual é capaz de conectar a morfologia com fisiologia, comportamento, adaptação e genética. Por exemplo, Moura Bubadué et al. (2016) estudaram crânios de canídeos sul-americanos e concluíram que mudança climáticas e competição foram os principais fatores que contribuíram para a diversificação interespecífica da morfologia craniana no clado. Em concordância, Chavez et al. (2022) observaram que o processo de radiação de espécies gerou assinaturas de divergência genômica em genes que afetam o desenvolvimento de dentes e ossos em canídeos sul-americanos. Estes estudos ilustram a riqueza de informações sobre a evolução de canídeos que pode ser extraída de estudos envolvendo o EC.

Santos et al. (2017) argumentaram que a classificação craniana utilizada tradicionalmente em cães não é aplicável ao lobo-guará após realizarem a análise de 7 espécimes. Em contraste, Maximiano Neto et al. (2020) analisaram 11 ECs de cachorro-do-mato e utilizou classificações de morfotipos cranianos caninos para descrever os espécimes estudados com base em comparações de valores médios de índices cranianos encontrados na literatura sobre cães domésticos. Maximiano Neto et al. (2020) ainda contestaram as medidas apresentadas por Santos et al. (2017), destacando que elas estariam equivocadas dado que o comprimento do EC do lobo-guará reportado por Santos et al. (2017) era inferior ao encontrado para cachorro-do-mato, o que não é possível uma vez que o cachorro-do-mato é substancialmente menor (peso corporal médio de 6kg) do que o lobo-guará (peso corporal médio de 25kg) (COURTENEY; MAFFEI, 2004; RODDEN; RODRIGUES; BESTELMEYE, 2004).

Embora os estudos craniométricos prévios sejam importantes para a descrição da forma e do tamanho do EC de canídeos sul-americanos, estes foram embasados em análises não-comparativas, isto é, possuíam enfoque em apenas uma espécie de cada vez, ficando assim suas inferências limitadas à discussão de valores médios de índices entre estudo com importantes diferenças metodológicas. Além disso, a ausência da análise conjunta de espécimes domésticos e selvagens, tendo em vista que a metodologia de craniometria é baseada em estudos prévios em cães domésticos, dificulta o entendimento relativo das medidas craniométricas quando uma espécie de canídeo selvagem é estudada.

2.2 Morfotipos Cranianos

O EC é um sistema complexo, formado pela interconexão das estruturas ósseas neurocranianas e craniofaciais (MCKINLEY; O'LOUGHLIN; BIDDLE, 2016; SANTAGATI; RIJLI, 2003). Estas estruturas estão relacionadas com as articulações fibrosas e sinoviais, respectivamente representadas pelas suturas cranianas e a articulação têmporo-mandibular (DI IEVA et al., 2013; PINTO, 2016). As funções do EC incluem o encapsulamento e a proteção do encéfalo (KNOWLER et al., 2017), dos órgãos sensoriais, das vias digestivas (JOHNSON et al., 2020) e das vias respiratórias

superiores (MCKINLEY; O'LOUGHLIN; BIDDLE, 2016). Os canídeos são uma família de mamíferos carnívoros que inclui uma ampla variedade de espécies, como cães, lobos e raposas (VAN ADRIKHEM; HOOGEBOOM; WOLVIUS, 2008), de forma que os crânios desses animais exibem diferenças que refletem adaptações específicas aos estilos de vida e suas preferências alimentares (BRASSARD et al., 2020; DRAKE; COQUERELLE; COLOMBEAU, 2015; ELLIS et al., 2009; SAKAMOTO; RUTA; VENDITTI, 2019).

Estudos morfométricos do crânio de canídeos sul-americanos mostraram que há diferenças significativas na forma e tamanho do crânio entre as diferentes espécies (ROHLF, 1990; SEGURA; PREVOSTI, 2012), bem como entre indivíduos da mesma espécie (DRAKE, 2011). Por exemplo, o crânio do lobo-guará é mais robusto do que o do cão doméstico, enquanto o cachorro-do-mato tem um crânio mais alongado em relação aos outros dois canídeos. Além disso, foram encontradas diferenças significativas na forma do crânio em relação à variação geográfica dentro da mesma espécie (FREEDMAN; WAYNE, 2017).

A craniometria aplicada a espécies de canídeos se baseia em métodos desenvolvidos originalmente para o estudo de espécimes de cães domésticos. As maiores diferenças encontradas na morfologia craniana das raças de cães incluem variação no comprimento rostral, na largura craniana e na angulação do rosto em relação à base do crânio (GEIGER; HAUSSMAN, 2016). Consequentemente, o EC canino é classicamente categorizado em três morfotipos principais: dólicocefálico (crânio “alongado”), braquicefálico (crânio “achatado”) e mesaticefálico (crânio “intermediário”) (RAMIREZ et al., 2014).

A composição genética resultante da seleção artificial é responsável pela maior parte das diferenças entre estes morfotipos cranianos do cão doméstico, incluindo variantes da sequência de DNA em genes importantes como *LCORL/NCAPG*, *SMAD2*, *HMG2*, *IGF1* e uma retrocopia do gene *FGF4* que também é responsável pela condrodisplasia apendicular característica da raça Dachshund (PARKER et al., 2009; RAYMOND et al., 2022). Além disso, uma sequência de DNA móvel (transposon) causadora da redução da expressão do gene *SMOC2* é responsável por 36% da

variância em comprimento facial em cães, sendo um fator determinante para o desenvolvimento de braquicefalia (MARCHANT et al., 2017).

Em animais dolicocefálicos, a largura rostral e dos arcos zigomáticos são reduzidas, onde o viscerocrânio inclina-se ventralmente em relação ao neurocrânio. Em contraste, o morfotipo craniano braquicéfalo é caracterizado por um crânio curto e largo, ou seja, apresenta o comprimento craniano naso-caudal reduzido em relação aos outros morfotipos cranianos, apresentando-se na distância entre os arcos zigomáticos mais alargados com uma mandíbula reduzida, porém apresenta-se prognata (SELBA et al., 2020). Essa forma craniana é frequentemente observada em raças de cães de pequeno porte, como o buldogue francês, que foram selecionadas para exibir características faciais distintivas (CARRASCO et al., 2014; SELBA et al., 2020; WAYNE, 1986). Essa conformação craniana é frequentemente associada a dificuldades respiratórias e de mastigação (SMITH; VAN VALKENBURGH, 2021), levando inclusive à intolerância ao exercício e ao maior risco de complicações em procedimentos anestésicos (PACKER et al., 2015).

O morfotipo craniano mesaticefálico é encontrado em canídeos generalistas, que possuem uma dieta variada e se adaptam a diferentes habitats. Esses animais exibem um crânio de proporções equilibradas, com uma mandíbula moderadamente desenvolvida e uma dentição adaptada para cortar e triturar alimentos de diferentes consistências (COOKE; TERHUNE, 2015). O tamanho do corpo em canídeos mesaticefálicos geralmente está relacionado ao tamanho do crânio, embora haja variações entre as diferentes espécies e raças (BOYKO et al., 2010). Isso significa que, em geral, cães de porte maior tendem a ter crânios maiores em relação aos cães de porte menor (BRASSARD et al., 2021; SCHMITT; WALLACE, 2014).

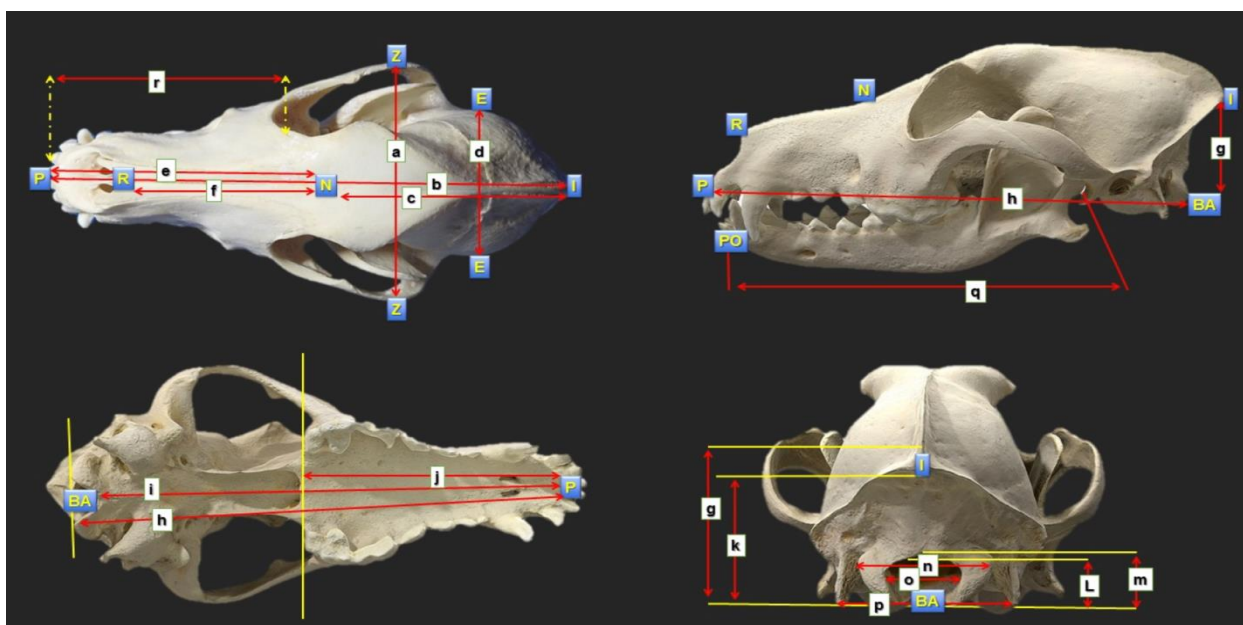
2.3 Craniometria

A craniometria do EC em cães domésticos é aferida por meio de mensurações lineares entre pontos ou marcos ósseos cranianos dotados de características marcantes e de fácil distinção (TAMARGO; PINDRIK, 2019). A técnica se originou da antropometria craniana e de suas derivações (alometria craniana, cefalometria,

encefalometria, osteometria e craniografia), que utiliza os referidos pontos ou marcos ósseos cranianos como indicadores de coordenadas tridimensionais que facilitam a análise de largura, comprimento e profundidade craniana (KLINGENBERG; BARLUENGA; MEYER, 2002). Essas coordenadas podem ser usadas para se criar representações bidimensionais de crânios individuais, evidenciar as diferenças entre uma amostragem de espécimes de distintos grupos genéticos ou ecológicos, estudar estágios de desenvolvimento de forma intraespecífica ou até mesmo comparar formatos cranianos e suas simetrias bilaterais (FRANKLIN; SWIFT; FLAVEL, 2016).

A mensuração do crânio requer, *a priori*, o conhecimento dos Pontos Craniométricos (GUSMÃO; SILVEIRA; ARANTES, 2003), localizados em acidentes anatômicos facilmente identificáveis ou em posições geométricas que permitam marcações para as medições entre três ou mais pontos (CARDINI; POLLY, 2013). A maioria dos pontos craniométricos apresentam-se localizados no plano sagital mediano, com numeração ímpar, enquanto os pontos localizados em planos laterais são pares (FIORENZA; BRUNER, 2018). A Figura 1 demonstra os pontos craniométricos do EC canino e as medidas craniométricas possíveis a partir destes pontos. Na Tabela 2, estas medidas são definidas em maiores detalhes, seguindo Shimming e Silva (2013).

Figura 1 - Pontos craniométricos (caixas azuis) e medidas craniométricas (caixas brancas).



Fonte: Elaborado pelo autor.

BA = básio, E = eurio, I = ínio, N = násio, P = próstio, PO = pogônio pogonion, R = rínio e Z = zígio. A definição detalhada de cada medida craniométrica, de “a” a “r”, é fornecida na Tabela 1.

Tabela 1 - Medidas craniométricas.

Símbolo	Nome	n*	Descrição
a	Largura Zigomática	141	distância entre os zígios esquerdo e direito
b	Comprimento Craniano	141	distância entre o ínio e o próstio
c	Comprimento do Neurocrânio	141	distância entre o násio e o ínio
d	Largura do Neurocrânio	141	distância entre os eurios esquerdo e direito
e	Comprimento do Viscerocrânio	141	distância entre o násio e o próstio
f	Comprimento Nasal	141	distância entre o rínio e o násio
g	Altura do Crânio	137	do côndilo occipital até a crista occipital externa
h	Comprimento Côndilobasal	140	comprimento do côndilo occipital exteno ao próstio
i	Comprimento da Base do Crânio	140	medido na base do próstio
j	Comprimento do Palato	141	comprimento do próstio ao vômer
k	Altura do Triângulo Occipital	137	do ínio até o côndilo occipital externo
l	Altura do Forame Magno	136	da incisura occipital até o básio
m	Comprimento da Incisura Dorsal	135	da região superior da incisura dorsal até o básio
n	Largura do Forame Magno	136	limites internos direito e esquerdo do forame magno
o	Largura entre Côndilos Occipitais	135	entre os limites externos dos côndilos occipitais
p	Largura entre Processos Jugulares	139	distância entre os processos jugulares externos
q	Comprimento Mandibular	60	entre o pogônio e o côndilo mandibular
r	Largura do Focinho	141	entre o próstio e o limite oral da cavidade ocular

Fonte: Elaborado pelo autor.

*Tamaho amostral neste estudo, de acordo com a disponibilidade de espécimes íntegros para mensuração, como detalhado no Material e Métodos.

A partir das medidas craniométricas, índices cranianos podem ser calculados com o intuito de facilitar a classificação do EC de acordo com os morfotipos barquicefálico, mesaticefálico e dólicocefálico (CARRASCO et al., 2014; HUNT, 1943; SCHIMMING; SILVA, 2013; SELBA et al., 2020; STONE et al., 2016). A Tabela 2 apresenta os principais índices cranianos utilizados para essa finalidade.

Tabela 2 - Índices cranianos.

Símbolo	Nome	n*	Fórmula
s	Volume do Neurocrânio	136	$c*d*g$
t	Índice do Neurocrânio	141	$100*d/c$
u	Índice do Viscerocrânio	141	$100*r/d$
v	Índice Craniano	140	$100*a/h$
x	Índice Craniofacial	141	$100*c/r$
w	Índice Facial	141	$100*a/r$
y	Índice Basal	140	$100*e/h$
z	Índice do Forame Magno	136	$100*l/n$

Fonte: Elaborado pelo autor.

*Tamanho amostral neste estudo, de acordo com a disponibilidade de espécimes íntegros para mensuração, como detalhado no Material e Métodos.

Uma análise comparativa entre canídeos selvagens e cães domésticos pode ser de alto valor não apenas pelo fato de parâmetros craniométricos terem sido originalmente desenvolvidos para o estudo de cães domésticos, mas também pelo já citado fato de que a variação em morfologia craniana entre caninos domésticos é maior que a variação encontrada dentro de qualquer espécie de canídeo selvagem (CALAWAY, 2001) e se aproxima daquela observada entre diferentes espécies de carnívoros (DRAKE; KLINGENBERG, 2010). Isto significa que o cão doméstico apresentará o maior espaço de variação contra o qual comparações podem ser realizadas na família Canidae, o que pode ser extremamente elucidativo na análise simultânea de duas ou mais espécies de canídeos selvagens a partir de um mesmo referencial. Além disso, tendo múltiplas espécies analisadas juntas, discrepâncias metodológicas observadas entre estudos são minimizadas, garantindo uma análise com maior robustez inferencial. Finalmente, a descrição do tamanho e da forma do EC de canídeos selvagens em termos de similaridade com cães domésticos pode ajudar no estudo da evolução dos canídeos ao nível do DNA por meio da priorização de genes ortólogos que já foram mapeados em cães domésticos.

3 PROPOSIÇÃO

Contribuir para o estudo da ecologia e evolução de canídeos sul-americanos por meio da melhoria da caracterização da forma e do tamanho do esqueleto craniano do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e do cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*). Esta melhoria se dá pela análise craniométrica comparada entre canídeos selvagens e cães domésticos (*Canis lupus familiaris*), adotando este último com referencial. Complementarmente, uma vez que a análise craniométrica tradicional requer o exame *postmortem* do esqueleto craniano, a viabilidade do uso de imagens radiográficas para análise craniométrica indireta foi avaliada, como proposta do estudo oportunístico *in vivo* de animais atendidos em centros veterinários.

4 MATERIAL E MÉTODOS

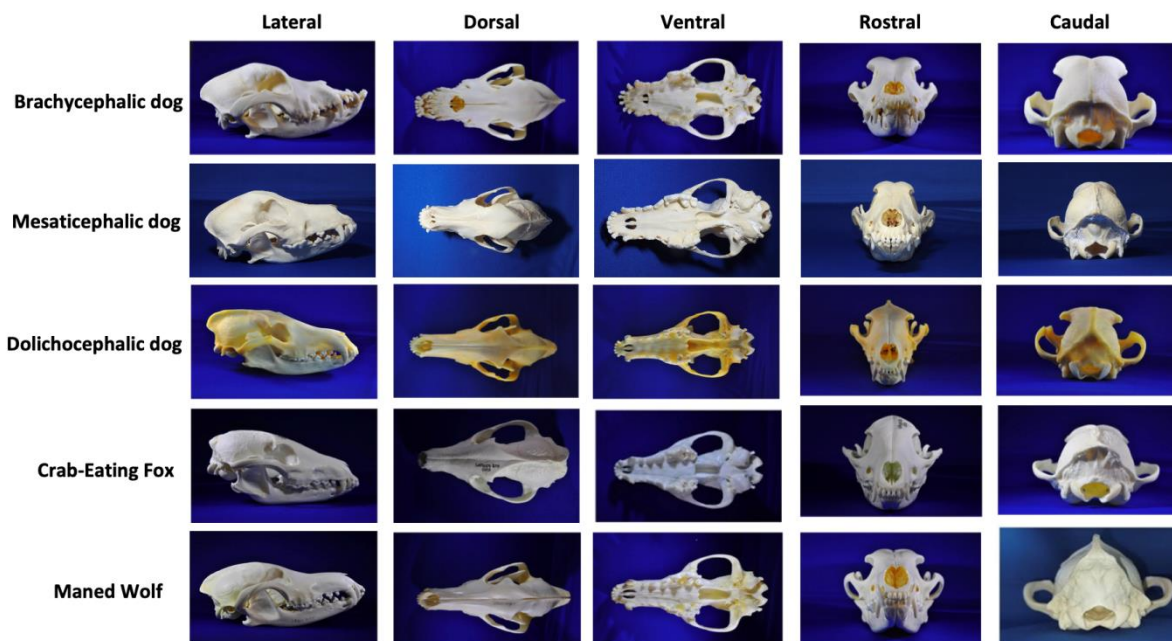
4.1 Declaração de Ética

Todos os procedimentos experimentais foram realizados de acordo com os Princípios Éticos em Experimentação Animal e foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal local (CEUA-FOA) por meio do processo de número 780/2021. O uso de espécimes de canídeos selvagens para análise craniométrica foi aprovado pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) por meio do protocolo de número 80624-1.

4.2 Esqueletos Cranianos

Um conjunto de 141 EC secos e macerados foram utilizados neste estudo (Figura 2). Este conjunto pertence ao Laboratório de Biofísica da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba (FMVA), da Universidade Estadual Paulista (Unesp), e inclui 9 lobos-guará, 8 cachorros-do-mato e 124 cães domésticos, todos eles sem metadados associados (i.e., idade, sexo e raça desconhecidos). Embora a idade precisa de cada indivíduo seja desconhecida, foi possível determinar que os espécimes eram oriundos de animais adultos pela análise da arcada dentária e pela observação de fechamento das fontanelas cranianas (craniossinostose).

Figura 2 - Exemplos de espécimes de cão, cachorro-do-mato e lobo-guará.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Craniometria Tradicional

As medidas craniométricas foram tomadas utilizando-se um paquímetro digital (Mitutoyo®, 150mm/6" CD-6" CSX-B, erro $\pm 0.02\text{mm}$). Um total de 18 variáveis (Tabela 1, Figura 1) e 8 índices (Tabela 2) foram obtidos. Os índices foram utilizados para a classificação dos cães domésticos de acordo com morfotipos. Esta classificação resultou em 113 mesaticefálicos (91%), 6 braquicefálicos (5%) e 5 dolicocefálicos (4%). Apesar da maior parte dos espécimes serem de cães mesaticefálicos, os tamanhos amostrais dos dois outros morfotipos se assemelharam aos números de EC de lobo-guará e de cachorro-do-mato disponíveis, permitindo assim a análise craniométrica comparativa entre as espécies. É importante notar que as classificações com base em índices cranianos ignoram o fato de existir uma variação morfológica contínua do EC dos canídeos, tornando assim o estabelecimento de pontos de corte precisos entre as transições de morfotipos inviável na prática. Assim, morfotipos são mais bem compreendidos em uma escala de variação entre os extremos formados por crânios braquicefálicos e dólicocefálicos. Assim, consideramos uma estratégia mais robusta a

adoção de um gradiente de morfotipos, permitindo assim a análise mais objetiva de morfotipos em espécimes selvagens.

4.4 Craniometria Radiográfica

Um aparelho de Raios-X calibrado (marca CRX, modelo SHF730, ano de fabricação 1999) foi utilizado na produção de imagens radiográficas de todos os espécimes. Cada espécime foi individualmente colocado em um cassete radiológico de 24 x 30 cm para exposição em três posições radiológicas veterinárias utilizadas tradicionalmente para exame do crânio canino: dorso-ventral, latero-lateral e rostro-caudal. Doses de 41 kV e 5.0 mAs foram utilizadas sem um bucky. As imagens foram obtidas sequencialmente, com um interval médio de 5 minutos entre elas, utilizando um scanner digitalizador (marca Carestream, modelo Direct View Classic CR, software Kodak Direct View CR, versão 5.0). Todos os equipamentos pertencem ao Hospital Veterinário “Luiz Quintiliano de Oliveira” da FMVA-Unesp. As imagens radiográficas foram armazenadas em extensão DICOM em resolução de 640x509 pixels e 300 dpi (0.3Mpx). Variáveis e índices craniométricos foram obtidos como descritos na craniometria tradicional a partir das imagens radiográficas geradas.

4.5 Análises Estatísticas

As mensurações obtidas das análises craniométricas tradicional e radiográfica foram comparadas por meio de regressão linear no software R v4.1.1 (R CORE TEAM, 2022). Coeficientes de correlação produto-momento de Pearson foram obtidos por meio da raiz quadrada do coeficiente de determinação da regressão, sendo o viés e inflação das medidas radiográficas em comparação com as medidas tradicionais obtidos respectivamente do intercepto e do coeficiente angular da regressão. Correlações também foram utilizadas na investigação de relações entre as diferentes variáveis craniométricas nos dados de craniometria tradicional. Neste caso, as variáveis foram agrupadas em um mapa de calor (*heatmap*) com base em similaridade (i.e., valores

absolutos das correlações) utilizando o pacote *gplots* do software R (WARNES et al., 2022).

A despeito dos esforços de se analisar todas as medidas em todos os espécimes, alguns espécimes apresentaram parcelas perdidas (*missing data*) para algumas variáveis devido a estruturas ósseas incompletas, sendo a ausência de mandíbula ou dos ossos parietal-occipital (resultante de acesso a tecido encefálico para exame necroscópico realizado por patologista veterinário) os casos mais frequentes. Desta forma, apenas observações completas par-a-par foram utilizadas nas análises de correlação.

Com o intuito de explorar o agrupamento de variáveis por correlação, uma análise multivariada foi realizada em dados completos de 132 espécimes, excluindo-se a variável comprimento de mandíbula. Uma análise de componentes principais (PCA – *Principal Component Analysis*) foi realizada com o objetivo de projetar os dados de diversas variáveis em um espaço dimensional reduzido com mínimo de perda de informação. Esta análise foi realizada com o pacote *factoextra* no software R (KASSAMBARA; MUNDT, 2020). A técnica de PCA permitiu a investigação de diferenças craniométricas entre os espécimes e estabelecer graficamente as relações entre cães domésticos e as duas espécies de canídeos sul-americanos. Os pesos das variáveis individuais sobre os componentes principais resultantes (*loadings*) foram computados para se quantificar a contribuição relativa de cada variável original e facilitar a interpretação do gráfico de PCA. Adicionalmente, foi realizada uma análise de agrupamento hierárquico (HCA - *Hierarchical Clustering Analysis*) por meio do algoritmo de agrupamento de variância mínima de Ward aplicado sobre as dissimilaridades Euclidianas entre os espécimes. O gráfico resultante foi um dendrograma agrupando espécimes por similaridade craniométrica.

5 RESULTADOS

5.1 Comparação das Variáveis e Índices Craniométricos

Para todas as 18 variáveis craniométricas, os cães domésticos apresentaram maiores desvios padrão do que as outras duas espécies de canídeos selvagens combinadas (Tabela 3).

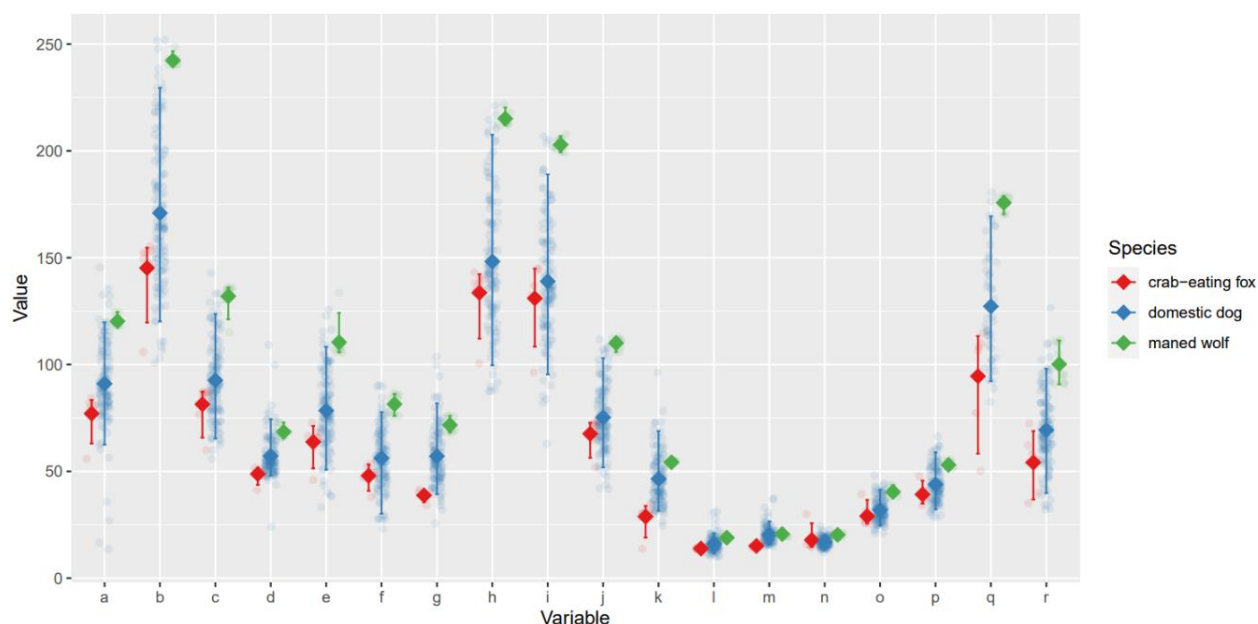
Tabela 3 - Média $\pm$ desvio padrão (tamanho amostral) das variáveis craniométricas, em mm.

Variável	Cão braquicefálico	Cão mesaticefálico	Cão dolicocefálico	Lobo-guará	Cachorro-do-mato
a	101.12 $\pm$ 28.01 (6)	92.91 $\pm$ 15.84 (113)	36.42 $\pm$ 30.79 (5)	120.27 $\pm$ 2.52 (9)	77.04 $\pm$ 8.97 (8)
b	136.66 $\pm$ 41.02 (6)	172.26 $\pm$ 32.94 (113)	180.86 $\pm$ 40.19 (5)	242.33 $\pm$ 2.74 (9)	145.19 $\pm$ 16.23 (8)
c	86.34 $\pm$ 26.41 (6)	92.81 $\pm$ 17.57 (113)	96.16 $\pm$ 17.16 (5)	131.97 $\pm$ 6.69 (9)	81.41 $\pm$ 9.43 (8)
d	56.44 $\pm$ 7.96 (6)	57.20 $\pm$ 10.23 (113)	57.29 $\pm$ 5.60 (5)	68.50 $\pm$ 2.76 (9)	48.77 $\pm$ 3.26 (8)
e	50.32 $\pm$ 16.33 (6)	79.64 $\pm$ 16.67 (113)	84.71 $\pm$ 23.21 (5)	110.44 $\pm$ 8.84 (9)	63.78 $\pm$ 7.94 (8)
f	35.32 $\pm$ 14.18 (6)	57.03 $\pm$ 12.56 (113)	62.67 $\pm$ 19.21 (5)	81.47 $\pm$ 4.66 (9)	47.98 $\pm$ 4.76 (8)
g	51.99 $\pm$ 18.20 (6)	57.64 $\pm$ 13.50 (109)	51.74 $\pm$ 5.10 (5)	71.69 $\pm$ 3.38 (9)	38.77 $\pm$ 2.09 (8)
h	120.17 $\pm$ 33.85 (6)	149.14 $\pm$ 29.91 (112)	161.92 $\pm$ 38.02 (5)	215.08 $\pm$ 3.28 (9)	133.57 $\pm$ 13.68 (8)
i	111.53 $\pm$ 31.65 (6)	139.75 $\pm$ 26.78 (112)	153.28 $\pm$ 36.66 (5)	202.93 $\pm$ 3.02 (9)	130.99 $\pm$ 15.21 (8)
j	58.55 $\pm$ 14.17 (6)	75.79 $\pm$ 14.34 (113)	82.50 $\pm$ 19.47 (5)	110.05 $\pm$ 2.68 (9)	67.60 $\pm$ 6.96 (8)
k	46.96 $\pm$ 15.67 (6)	46.62 $\pm$ 12.04 (109)	43.47 $\pm$ 7.64 (5)	54.25 $\pm$ 0.62 (9)	28.82 $\pm$ 6.36 (8)
l	15.44 $\pm$ 3.23 (6)	16.05 $\pm$ 3.50 (108)	16.56 $\pm$ 2.51 (5)	18.95 $\pm$ 0.95 (9)	13.88 $\pm$ 0.57 (8)
m	20.59 $\pm$ 2.87 (6)	20.32 $\pm$ 4.05 (107)	19.71 $\pm$ 2.37 (5)	20.66 $\pm$ 0.96 (9)	15.10 $\pm$ 0.90 (8)
n	16.19 $\pm$ 2.56 (6)	16.86 $\pm$ 2.17 (108)	18.63 $\pm$ 3.51 (5)	20.30 $\pm$ 0.94 (9)	17.87 $\pm$ 5.04 (8)
o	29.52 $\pm$ 8.19 (6)	31.98 $\pm$ 5.26 (107)	33.95 $\pm$ 5.16 (5)	40.40 $\pm$ 2.17 (9)	29.06 $\pm$ 4.63 (8)
p	42.59 $\pm$ 13.81 (6)	43.85 $\pm$ 7.72 (111)	45.75 $\pm$ 6.89 (5)	53.05 $\pm$ 1.58 (9)	47.76 $\pm$ 24.47 (8)
q	122.76 $\pm$ 42.06 (4)	126.39 $\pm$ 24.72 (38)	152.62 $\pm$ 24.17 (2)	175.75 $\pm$ 3.33 (9)	94.54 $\pm$ 23.27 (7)
r	40.18 $\pm$ 10.69 (6)	70.40 $\pm$ 15.81 (113)	80.14 $\pm$ 28.67 (5)	100.15 $\pm$ 9.20 (9)	54.15 $\pm$ 11.84 (8)

Fonte: Elaborado pelo autor.

A variação nos dados de canídeos selvagens se apresentou contida entre os limites de da variação observada nos cães domésticos para a maior parte das variáveis investigadas (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição de medidas craniométricas em cães e canídeos selvagens.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diamantes representam medianas, enquanto as barras marcam o intervalo de credibilidade de 95% (i.e., amplitude entre o 5º e o 95º percentis) dos valores observados. Dados individuais são mostrados como pontos transparentes.

Embora o volume neurocraniano e os índices craniofacial, facial e craniano dos canídeos selvagens tenham se aproximado do perfil de cães mesaticefálicos, seus índices basal e do neurocrânio tiveram comportamento mais próximo do de cães dolicocefálicos (Tabela 4). É interessante notar que o índice do viscerocrânio do lobo-guará também foi próximo ao de cães dolicocefálicos. Estes resultados indicam que a categorização discretizada do formato do crânio destas espécies selvagens em mesaticefálico pode ser inadequada uma vez que eles também compartilham similaridades craniométricas com cães dolicocefálicos.

Tabela 4 - Média $\pm$ desvio padrão (tamanho amostral) dos índices cranianos, em mm.

Índice	Cão braquicefálico	Cão mesaticefálico	Cão dolicocefálico	Lobo-guará	Cachorro-domato
s	2901.71 $\pm$ 2189.86 (6)	3326.78 $\pm$ 1926.87 (108)	2889.68 $\pm$ 806.24 (5)	647062.76 $\pm$ 34261.21 (9)	155086.54 $\pm$ 28226.62 (8)
t	67.86 $\pm$ 10.07 (6)	62.67 $\pm$ 11.15 (113)	60.76 $\pm$ 9.22 (5)	52.04 $\pm$ 3.68 (9)	60.30 $\pm$ 3.95 (8)
u	71.27 $\pm$ 14.47 (6)	123.85 $\pm$ 23.55 (113)	140.71 $\pm$ 54.65 (5)	146.75 $\pm$ 18.10 (9)	110.92 $\pm$ 21.99 (8)
v	84.67 $\pm$ 10.96 (6)	62.96 $\pm$ 5.67 (112)	21.25 $\pm$ 13.41 (5)	55.93 $\pm$ 1.57 (9)	57.59 $\pm$ 1.15 (8)
w	254.00 $\pm$ 51.41 (6)	134.57 $\pm$ 17.16 (113)	43.53 $\pm$ 25.42 (5)	120.98 $\pm$ 11.25 (9)	147.56 $\pm$ 35.27 (8)
x	215.71 $\pm$ 41.81 (6)	133.71 $\pm$ 14.84 (113)	125.80 $\pm$ 21.94 (5)	132.83 $\pm$ 14.67 (9)	156.22 $\pm$ 38.43 (8)
y	41.88 $\pm$ 6.46 (6)	53.52 $\pm$ 5.94 (112)	51.94 $\pm$ 4.82 (5)	51.32 $\pm$ 3.52 (9)	47.70 $\pm$ 2.80 (8)
z	94.88 $\pm$ 9.69 (6)	95.54 $\pm$ 19.08 (108)	89.37 $\pm$ 7.28 (5)	93.40 $\pm$ 3.50 (9)	80.93 $\pm$ 13.35 (8)

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Comparação entre Craniometria Tradicional e Radiográfica

Correlações quase perfeitas ($r > 0.99$, $p < 0.05$) foram encontradas na comparação entre craniometria tradicional e radiográfica, com viés (intercepto próximo a 0) e inflação (coeficiente angular próximo a 1) negligenciáveis (Tabela 5), sugerindo que medidas craniométricas poderiam ser obtidas *in vivo* utilizando imagens radiográficas sem substancial perda de acurácia.

Tabela 5 - Correlação entre análises craniométrica tradicional e radiográfica.

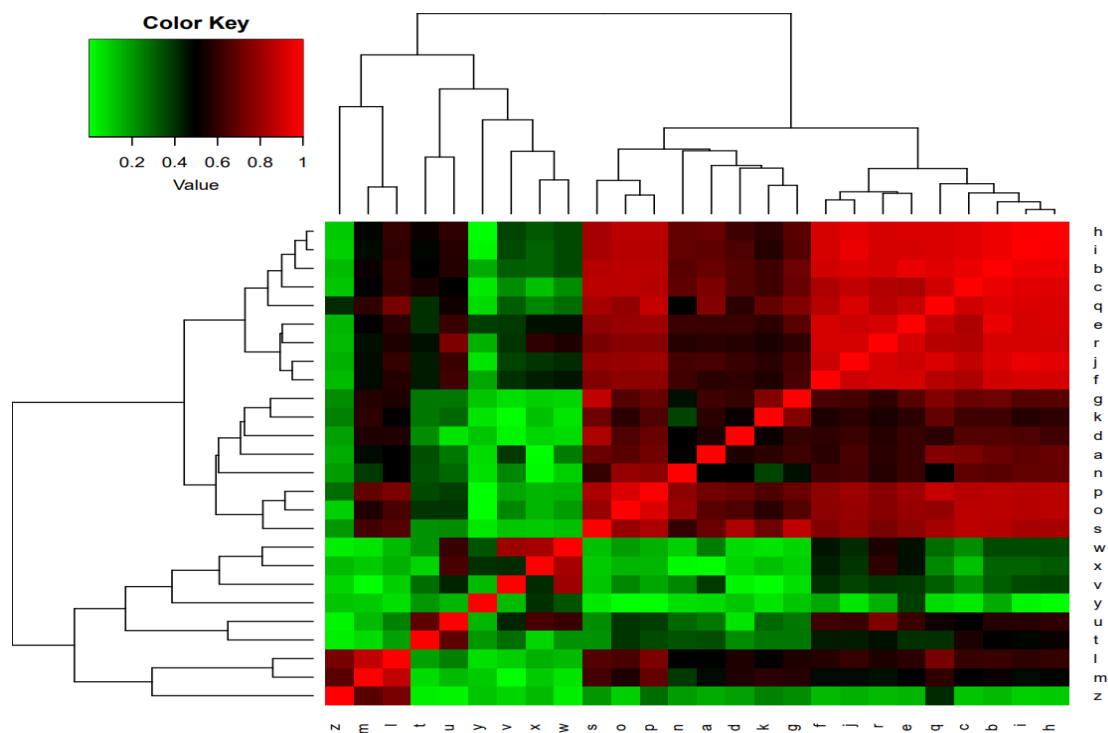
Parâmetro	Correlação	Erro padrão	P	Viés	Inflação
a	0.99998293	0.00053125	4.26×10^{-272}	-0.093	1.000
b	0.99998114	0.00055840	1.77×10^{-269}	-0.234	1.000
c	0.99998024	0.00057153	2.95×10^{-268}	-0.145	1.000
d	0.99992446	0.00111735	5.00×10^{-233}	0.204	0.995
e	0.99998518	0.00049497	8.16×10^{-276}	-0.078	1.000
f	0.99998581	0.00048423	5.75×10^{-277}	-0.046	1.000
g	0.99998451	0.00051460	1.25×10^{-265}	-0.072	1.000
h	0.99998680	0.00046912	1.47×10^{-276}	-0.228	1.000
i	0.99998035	0.00057228	3.35×10^{-266}	-0.192	1.000
j	0.99997861	0.00059465	3.58×10^{-266}	-0.097	1.000
k	0.99998629	0.00048419	1.01×10^{-268}	-0.038	1.000
l	0.99998627	0.00048653	2.05×10^{-266}	-0.019	1.000
m	0.99997916	0.00060472	1.64×10^{-251}	-0.026	1.000
n	0.99995968	0.00083374	2.80×10^{-239}	-0.022	1.000
o	0.99997812	0.00061679	1.69×10^{-252}	-0.055	1.001
p	0.99997570	0.00063902	1.64×10^{-258}	-0.075	1.001
q	0.99997398	0.00112658	1.89×10^{-89}	-0.255	1.001
r	0.99998891	0.00042997	4.22×10^{-281}	-0.060	1.000
s	0.99997513	0.00065479	1.88×10^{-251}	-534.136	0.998
t	1.00000000	0.00000000	0	0.000	1.000
u	0.99999973	0.00000608	0	0.003	1.000
v	1.00000000	0.00000000	0	0.000	1.000
x	0.99999999	0.00000104	0	-0.005	1.000
w	0.99999963	0.00000790	0	-0.008	1.000
y	1.00000000	0.00000000	0	0.000	1.000
z	1.00000000	0.00000000	0	0.000	1.000

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Correlação entre Variáveis e Índices Cranianos

A análise de correlação entre as variáveis craniométricas indicou que as medidas poderiam ser hierarquicamente organizadas em quatro grupos principais (Figura 4): (i) indicadores de comprimento rostro-caudal (**b**, **c**, **e**, **f**, **h**, **i**, **j**, **q** e **r**), com correlações variando entre 0.835 e 0.986; (ii) indicadores de altura ventro-dorsal ou largura látero-lateral (**a**, **d**, **g**, **k**, **n**, **o**, **p** e **s**), com correlações variando entre 0.363 e 0.873; (iii) índices cranianos (**t**, **u**, **v**, **x**, **w** e **y**), com correlações variando entre 0.090 e 0.825; e (iv) dimensões do forame magno (**l**, **m** e **z**), com correlações variando entre 0.672 e 0.876. Este agrupamento permitiu considerar que os EC poderiam ser organizados não apenas de acordo com morfotipos ou tamanho, mas que técnicas de redução de dimensionalidade como o PCA poderiam ser aplicadas aos dados com o intuito de gerar novas pseudo-variáveis que poderiam contribuir para a melhoria da visualização de similaridades entre os diferentes espécimes.

Figura 4 - Mapa de calor dos parâmetros craniométricos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

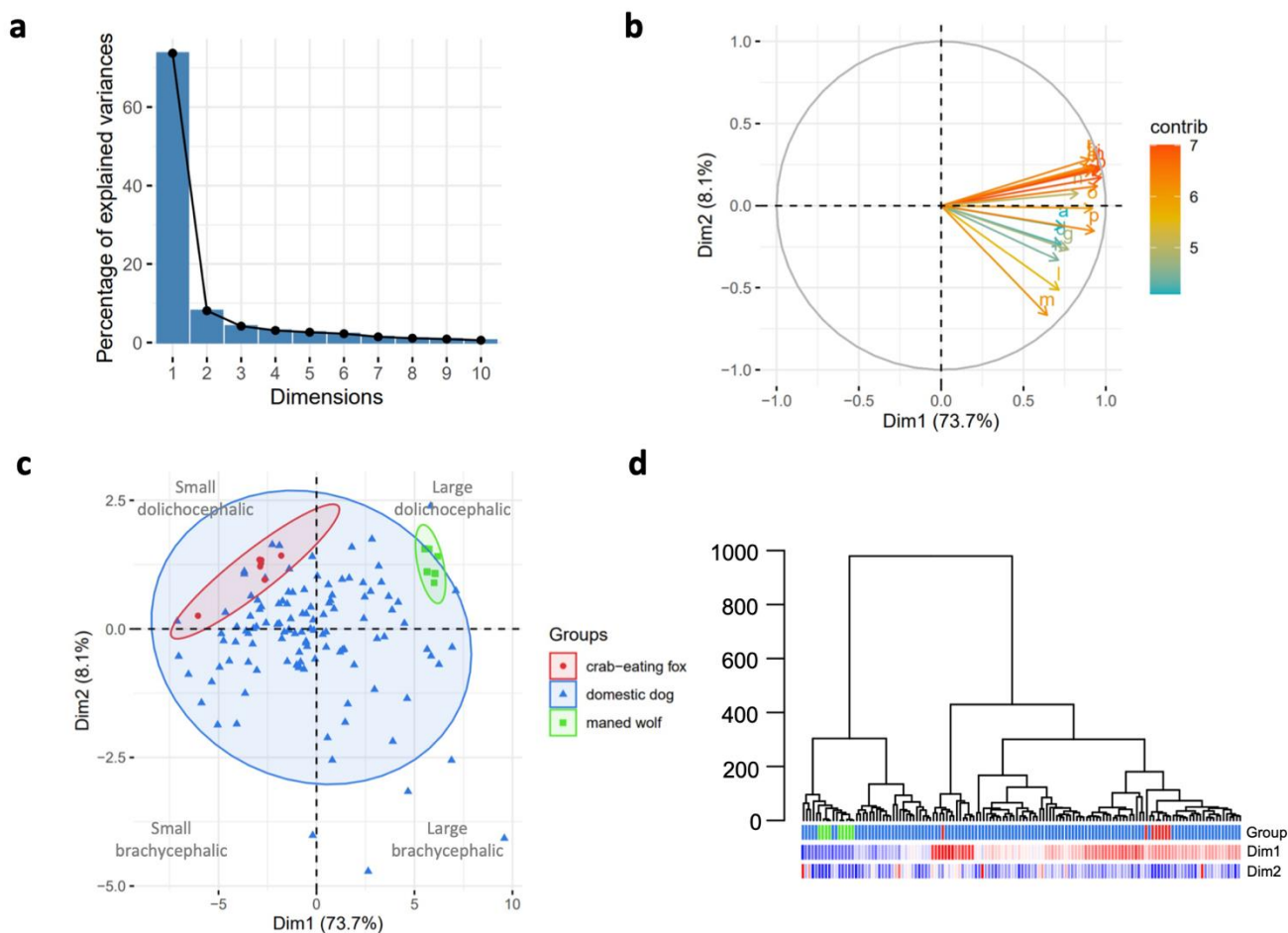
5.4 Análise Multivariada das Variáveis Craniométricas

Os dois primeiros componentes principais (PC – *principal components*) explicaram junto 81.8% da variância total presente entre todas as variáveis craniométricas (Figura 5a). A análise de pesos ou *loadings* (Figura 5b) revelou que o primeiro PC se comportou como um indicador do tamanho e volume dos ECs (valores maiores de PC1 traduzem-se em espécimes maiores), enquanto o segundo PC capturou principalmente a variação em comprimento rostro-caudal (crânios com menores valores de PC2 se assemelham mais ao morfotipo braquicefálico, enquanto crânios com maiores de PC2 são mais próximos de crânios dolicocefálicos).

A projeção dos dados no espaço dimensional reduzido do PCA (Figura 5c) demonstrou que o cachorro-do-mato se agrupou no quadrante superior esquerdo do gráfico, indicando proximidade maior do crânio da espécie *C. thous* com cães mesaticefálicos e dolicocefálicos de médio a pequeno porte. Em contrapartida, o lobo-guará se agrupou no quadrante superior direito do PCA, fazendo com que seu EC seja mais comparável ao de cães mesaticefálicos ou dolicocefálicos de grande porte. É importante notar que as elipses de confiança dos canídeos selvagens foram quase que totalmente englobadas pela elipse de confiança dos cães domésticos, indicando mais uma vez que a variação morfológica nestas espécies selvagens pode ser estudada e modelada como um subconjunto da variação encontrada em cães domésticos.

Um dendrograma dos espécimes foi gerado a partir das distâncias Euclidianas das variáveis craniométricas utilizando-se a técnica de HCA (Figure 5d). O algoritmo de agrupamento por mínima variância de Ward dividiu os dados primeiramente entre dois principais grupos baseado no tamanho dos ECs. Em seguida, dentro de cada um destes dois grupos principais, os espécimes foram essencialmente ordenados de acordo com morfotipo e subsequente variação individual. É interessante nota que as espécies selvagens não formaram grupos espécie-específicos distinguindo-os do cão doméstico, e que alguns espécimes foram inclusive alocados em clados separados, agrupando-se com cães domésticos que apresentavam perfis craniométricos mais próximos que outros membros de sua própria espécie.

Figura 5 - Análise multivariada dos parâmetros craniométricos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

(a) Percentual da variância explicada pelos 10 primeiros componentes principais (PCs). (b) Análise de pesos ou *loadings* mostrando que o primeiro componente explica tamanho do crânio, enquanto o segundo explica comprimento rostro-caudal. (c) Gráfico de dispersão do PCA. (d) Dendrograma baseado em agrupamento hierárquico (HCA) corroborando o PCA, com canídeos selvagens misturados com cães domésticos e sendo ordenado primeiro por tamanho e depois por morfotipo. As barras abaixo do dendrograma marcam cada observação de acordo com grupo de espécie, valores no PC1 (azul = crânios maiores, vermelho = crânios menores) e valores no PC2 (azul = mais próximo ao morfotipo dolicocefálico, vermelho = mais próximo ao morfotipo dolicocefálico).

6 DISCUSSÃO

Os achados deste estudo estão em linha com a observação de que espécies sujeitas à seleção artificial possuem alta diversidade fenotípica, enquanto espécies evoluindo sob forças de deriva genética e seleção natural possuem menor variância fenotípica em decorrência da estabilização promovida pela adaptação. Os cães domésticos apresentaram maior variação na morfologia craniana que o lobo-guará e o cachorro-do-mato em quase todas as variáveis e índices medidos. A variação morfológica do EC dos cães é bem ilustrada quando se imagina os extremos fenotípicos de cães dolicocefálicos como os Salukis ou braquicefálicos como os Pugs (SCHOENEBECK; OSTRANDER, 2013). Assim, os dados apresentados demonstram a utilidade de se adotar o cão doméstico como base de comparação na descrição da análise craniométrica de espécies de canídeos selvagens como o lobo-guará e o cachorro-do-mato.

A análise comparativa do presente estudo permitiu a inferência de uma tendência a morfotipos mesaticefálicos e dolicocefálicos em lobos-guará e cachorros-do-mato, corroborando a hipótese de que a oclusão em “tesoura” (incisivos maxilares localizados ligeiramente rostrais aos incisivos mandibulares) seja importante para a adaptação de espécies com comportamento predatório e de caça (MAXIMIANO NETO et al., 2020). Embora as médias e os desvios padrão das variáveis craniométricas encontradas para o lobo-guará e para o cachorro-do-mato terem sido em geral similares ao reportado por estudos prévios (MAXIMIANO NETO et al., 2020; SANTOS et al., 2017), discrepâncias também foram observadas. O comprimento craniano médio de 126.76 ± 5.29 mm relatado por Santos et al. (2017) para lobo-guará é quase a metade do valor encontrado neste estudo, onde a estimativa foi de 242.33 ± 2.74 mm, sendo ainda menor do que o encontrado para cachorro-do-mato estimado em 145.19 ± 16.23 mm. Como sugerido por Maximiano Neto et al. (2020), a estimativa de Santos et al. (2020) não pode ser diretamente comparada e provavelmente apresenta diferenças metodológicas importantes. Esta discrepância reforça a importância e a necessidade de se adotar um referencial, como o cão doméstico, que possa servir de base para comparações em um estudo nesta natureza.

A avaliação craniométrica tradicional foi comparada com resultados obtidos através da análise de imagens radiográfica, e não foram encontradas diferenças significativas. Correlações quase perfeitas e viés e inflação virtualmente negligenciáveis foram observadas. Isso sugere que a craniometria pode ser realizada indiretamente a partir de imagens radiográficas em estudos comparativos que possam explorar avaliações *in vivo*. Entretanto, é importante salientar que as imagens radiográficas obtidas aqui foram baseadas em crânios secos e macerados, os quais são livres de tecidos moles. Andreis et al. (2018) compararam as duas técnicas em 137 cães neonatos e relatou que as estratégias tradicional e radiográfica não são necessariamente equivalentes em filhotes uma vez que grandes diferenças foram obtidas para alguns espécimes. Eles argumentam que os tecidos moles podem interferir na correta identificação dos pontos cranianos e, portanto, afetar a acurácia das mensurações. Porém, os autores relatam que, de maneira geral, as medidas radiográficas se mostraram não-viesadas em comparação à craniometria tradicional. Assim, uma evidente limitação do presente estudo é que ainda se faz necessário determinar se a presença de tecidos moles poderia afetar significativamente a análise craniométrica de canídeos selvagens adultos.

7 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a utilidade de se adotar medidas craniométricas de cães domésticos na análise craniométrica comparada de ECs de duas espécies de canídeos sul-americanos. A craniometria dos cães domésticos apresentou variação suficiente para englobar quase todas as diferenças encontradas em lobo-guará e cachorro-do-mato em 18 variáveis craniométricas e 8 índices cranianos. Esta variação extrema em cães resulta da recente seleção artificial para a formação de raças, em contraste com a seleção natural de estabilização e a deriva genética que muito provavelmente moldou o EC do lobo-guará e do cachorro-do-mato. Finalmente, a craniometria indireta por meio de imagens radiográficas mostrou-se altamente correlacionada com a craniometria tradicional, com medidas não-viesadas e livres de inflação. A viabilidade da realização de craniometria *in vivo* em canídeos selvagens é promissora, embora o efeito de tecidos moles sobre a identificação de pontos cranianos mereça uma investigação mais aprofundada.

REFERÊNCIAS

AMERICAN KENNEL CLUB. **Breed weight chart**. New York, 2022. Disponível em: <https://www.akc.org/expert-advice/nutrition/breed-weight-chart/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

ANDREIS, M. E.; POLITO, U.; VERONESI, M. C.; FAUSTINI, M.; GIANCAMILLO, M.; MODINA, S. C. Novel contributions in canine craniometry: Anatomic and radiographic measurements in newborn puppies. **PLoS One**, San Francisco, v. 13, n. 5, artigo e0196959, 13 p., 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0196959.

ARRUDA BUENO, A.; MOTTA-JUNIOR, J. C. Food habits of two syntopic canids, the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*) and the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), in southeastern Brazil. **Revista Chilena de Historia Natural**, Santiago, v. 77, n. 1, p. 5-14, 2004. DOI: 10.4067/S0716-078X2004000100002.

BOYKO, A. R.; GREENE, C. S.; CARNINCI, P.; CARVALHO, B. S.; HOON, M.; FINLEY, S. D.; GOSLINE, S. J. C.; CAO, K.-A. L.; LEE, J. S. H.; MARCHIONNI, L.; ROBINE, N.; SINDI, S. S.; THEIS, F. J.; YANG, J. Y. H.; CARPENTER, A. E.; FERTIG, E. J. A simple genetic architecture underlies morphological variation in dogs. **PLoS Biology**, San Francisco, v. 8, n. 8, artigo e1000451, 13 p., 2010. DOI: 10.1371/journal.pbio.1000451.

BOYLE, E. A.; LI, Y. I.; PRITCHARD, J. K. An expanded view of complex traits: from polygenic to omnigenic. **Cell**, Cambridge, v. 169, n. 7, p. 1177-1186, 2017. DOI: 10.1016/j.cell.2017.05.038.

BRASSARD, C.; MERLIN, M.; GUINTARD, C.; MONCHÂTRE-LEROY, E.; BARRAT, J.; BAUSMAYER, N.; BAUSMAYER, S.; BAUSMAYER, A.; BEYER, M.; VARLET, A.; HOUSSIN, C.; CALLOU, C.; CORNETTE, R.; HERREL, A. Bite force and its relationship to jaw shape in domestic dogs. **Journal of Experimental Biology**, London, v. 223, n. 16, artigo jeb224352, 2020. DOI: 10.1242/jeb.224352.

BRASSARD, C.; MERLIN, M.; MONCHÂTRE-LEROY, E.; GUINTARD, C.; BARRAT, J.; GARÈS, H.; LARRALLE, A.; TRIQUET, R.; HOUSSIN, C.; CALLOU, C.; CORNETTE, R.; HERREL, A. Masticatory system integration in a commensal canid : interrelationships between bones , muscles and bite force in the red fox. **Journal of Experimental Biology**, London, v. 224, n. 5, artigo jeb224394, 2021. DOI: 10.1242/jeb.224394.

CALAWAY, M. Possible index to distinguish between *canis latrans* and *canis familiaris*. **Lambda Alpha Journal**, Wichita, v. 31, p. 24-27, 2001.

CARDINI, A.; POLLY, P. D. Larger mammals have longer faces because of size-related constraints on skull form. **Nature Communications**, London, v. 4, n. 2458, 9 p., 2013. DOI: 10.1038/ncomms3458.

CARRASCO, J. J.; GEORGEVSKY, D.; VALENZUELA, M.; MCGREEVY, P. D. A pilot study of sexual dimorphism in the head morphology of domestic dogs. **Journal of Veterinary Behavior**, Philadelphia, v. 9, n. 1, p. 43-46, 2014. DOI: 10.1016/j.jveb.2013.09.004.

CARVALHO, C. T.; VASCONCELLOS, L. E. M. Disease, food and reproduction of the maned wolf: *Chrysocyon Brachyurus* (Illiger) (Carnivora, Canidae) in southeast Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 627-640, 1995. DOI: 10.1590/S0101-81751995000300018.

CHAVEZ, D. E.; GRONAU, I.; HAINS, T.; DIKOW, R. B.; FRANDSEN, P. B.; FIGUEIRO, H. V.; GARCEZ, F. S.; TCHAICKAI, L.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, F. H. G.; JORGE, R. S. P.; LIMA, E. S.; SONGSASEN, N.; JOHNSON, W. E.; EIZIRIK, E.; KOEPFLI, K.-P.; WAYNE, R. K. Comparative genomics uncovers the evolutionary history, demography, and molecular adaptations of South American canids. **Proceedings of the National Academy Sciences of the United States America**, Washington, DC, v. 119, n. 34, artigo e2205986119, 12 p., 2022. DOI: 10.1073/pnas.2205986119.

COOKE, S. B.; TERHUNE, C. E. Form, function, and geometric morphometrics. **Anatomical Record**, Hoboken, v. 298, n. 1, p. 5-28, 2015. DOI: 10.1002/ar.23065.

COURTENAY, O.; MAFFEI, L. Crab-eating fox *Cerdocyon thous*. In: SILLERO-ZUBIRI, C.; HOFFMANN, M.; MACDONALD, D. W. (Eds.). **Canids: foxes, wolves, jackals and dogs: status survey and conservation action plan**. Cambridge: IUCN, 2004. p. 32-38.

DI IEVA, A.; BRUNER, E.; DAVIDSON, J.; PISANO, P.; HAIDER, T.; STONE, S. S.; CUSIMANO, M. D.; TSCHABITSCHER, M.; GRIZZI, F. Cranial sutures: a multidisciplinary review. **Child's Nervous System**, Berlin, v. 29, n. 6, p. 893-905, 2013. DOI: 10.1007/s00381-013-2061-4.

DRAKE, A. G. Dispelling dog dogma: an investigation of heterochrony in dogs using 3D geometric morphometric analysis of skull shape. **Evolution and Development**, Malden, v. 13, n. 2, p. 204-213, 2011. DOI: 10.1111/j.1525-142X.2011.00470.x.

DRAKE, A. G.; COQUERELLE, M.; COLOMBEAU, G. 3D morphometric analysis of fossil canid skulls contradicts the suggested domestication of dogs during the late Paleolithic. **Scientific Reports**, London, v. 5, artigo 8299, 8 p., 2015. DOI: 10.1038/srep08299.

DRAKE, A. G.; KLINGENBERG, C. P. Large-scale diversification of skull shape in domestic dogs: Disparity and modularity. **American Naturalist**, Chicago, v. 175, n. 3, p. 289-301, 2010. DOI: 10.1086/650372.

ELLIS, J. L.; THOMASON, J.; KEBREAB, E.; ZUBAIR, K.; FRANCE, J. Cranial dimensions and forces of biting in the domestic dog. **Journal of Anatomy**, Oxford, v. 214, n. 3, p. 362-373, 2009. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2008.01042.x.

FIORENZA, L.; BRUNER, E. Cranial shape variation in adult howler monkeys (*Alouatta seniculus*). **American Journal of Primatology**, Hoboken, v. 80, n. 1, artigo e22729, 2018. DOI: 10.1002/ajp.22729.

FORMAN, R.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.; CLEVENGER, A.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V.; FAHRIG, L.; GOLDMAN, C.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. C. Road ecology: science and solutions. **Choice Reviews Online**, Chicago, v. 40, n. 11, p. 40-6438, 2003. DOI: 10.5860/choice.40-6438.

FRANKLIN, D.; SWIFT, L.; FLAVEL, A. 'Virtual anthropology' and radiographic imaging in the Forensic Medical Sciences. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, Cairo, v. 6, n. 2, p. 31-43, 2016. DOI: 10.1016/j.ejfs.2016.05.011.

FREEDMAN, A. H.; WAYNE, R. K. Deciphering the origin of dogs: from fossils to genomes. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 5, p. 281-307, 2017. DOI: 10.1146/annurev-animal-022114-110937.

GEIGER, M.; HAUSSMAN, S. Cranial suture closure in domestic dog breeds and its relationships to skull morphology. **Anatomical Record**, Hoboken, v. 299, n. 4, p. 412-420, 2016. DOI: 10.1002/ar.23313.

GUSMÃO, S.; SILVEIRA, R. L.; ARANTES, A. Landmarks to the cranial approaches. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo, v. 61, n. 2A, p. 305-308, 2003. DOI: 10.1590/s0004-282x2003000200030.

HUNT, H. F. The genetic and endocrinic basis for differences in form and behavior by Charles R. Stockard, O. D. Anderson, W. T. James. **The American Journal of Psychology**, Durham, v. 56, n. 4, p. 623-624, 1943. DOI: 10.2307/1417368.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES - IUCN. **The IUCN red list of threatened species**. Version 2022-2. Cambridge, 2022. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 15 jun. 2023.

JOHNSON, P. J.; LUH, W.-M.; RIVARD, B. C.; GRAHAM, K. L.; WHITE, A.; FITZMAURICE, M.; LOFTUS, J. P.; BARRY, E. F. Stereotactic Cortical Atlas of the Domestic Canine Brain. **Scientific Reports**, London, v. 10, n. 1, artigo 4781, 16 p., 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-61665-0.

JOUVENTIN, P.; CHRISTEN, Y.; DOBSON, S. Altruism in wolves explains the coevolution of dogs and wolves. **Ideas in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 4–11, 2016. DOI: 10.7124/FEEO.v23.1007

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Factoextra**: extract and visualize the results of multivariate data analyses. Version 1.0.7. [S.l.], 1 abr. 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra>. Acesso em: 19 jan. 2023.

KHOKHLOV, A. M.; OREKHOVA, V. O. Origin, domestication and dog breeds. **Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv**, 2018. DOI: 10.4033/iee.2016.9.2.n

KLINGENBERG, C. P.; BARLUENGA, M.; MEYER, A. Shape analysis of symmetric structures: Quantifying variation among individuals and asymmetry. **Evolution**, Lancaster, v. 56, n. 10, p. 1909-1920, 2002. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2002.tb00117.x.

KNOWLER, S. P.; KIVIRANTA, A.-M.; MACFADYEN, A. K.; JOKINEN, T. S.; RAGIONE, R. M.; RUSBRIDGE, C. Craniometric analysis of the hindbrain and craniocervical junction of chihuahua, affenpinscher and cavalier king charles spaniel dogs with and without syringomyelia secondary to chiari-like malformation. **PLoS One**, San Francisco, v. 12, n. 1, artigo e0169898, 18 p., 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0169898.

LARSON, G.; FULLER, D. Q. The evolution of animal domestication. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 45, p. 115-136, 2014. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-110512-135813.

LINDBLAD-TOH, K.; WADE, C. M.; MIKKELSEN, T. S.; KARLSSON, E. K.; JAFFE, D. B.; KAMAL, M.; CLAMP, M.; CHANG, J. L.; KULBOKAS III, E. J.; ZODY, M. C.; MAUCELI, E.; XIE, X.; BREEN, M.; WAYNE, R. K.; OSTRANDER, E. A.; PONTING, C. P.; GALIBERT, F.; SMITH, D. R.; DEJONG, P. J.; KIRKNESS, E.; ALVAREZ, P.; BIAGI, T.; BROCKMAN, W.; BUTLER, J.; CHIN, C. W.; COOK, A.; CUFF, J.; DALY, M. J.; DECAPRIO, D.; GNERRE, S.; GRABHERR, M.; KELLIS, M.; KLEBER, M.; BARDELEBEN, C.; GOODSTADT, L.; HEGER, A.; HITTE, C.; KIM, L.; KOEPFLI, K. P.; PARKER, H. G.; POLLINGER, J. P.; SEARLE, S. M.; SUTTER, N. B.; THOMAS, R.; WEBBER, C.; BALDWIN, J.; ABEBE, A.; ABOUELLEIL, A.; AFTUCK, L.; AIT-ZAHRA, M.; ALDREDGE, T.; ALLEN, N.; AN, P.; ANDERSON, S.; ANTOINE, C.; ARACHCHI, H.; ASLAM, A.; AYOTTE, L.; BACHANTSANG, P.; BARRY, A.; BAYUL, T.; BENAMARA, M.; BERLIN, A.; BESSETTE, D.; BLITSHTYEN, B.; BLOOM, T.; BLYE, J.; BOGUSLAVSKIY, L.; BONNET, C.; BOUKHGALTER, B.; BROWN, A.; CAHILL, P.; CALIXTE, N.; CAMARATA, J.; CHESHATSANG, Y.; CHU, J.; CITROEN, M.; COLLYMORE, A.; COOKE, P.; DAWOE, T.; DAZA, R.; DECKTOR, K.; DEGRAY, S.; DHARGAY, N.; DOOLEY, K.; DORJE, P.; DORJEE, K.; DORRIS, L.; DUFFEY, N.; DUPES, A.; EGBIREMOLEN, O.; ELONG, R.; FALK, J.; FARINA, A.; FARO, S.; FERGUSON, D.; FERREIRA, P.; FISHER, S.; FITZGERALD, M.; FOLEY, K.; FOLEY, C.; FRANKE, A.; FRIEDRICH, D.; GAGE, D.; GARBER, M.; GEARIN, G.; GIANNOUKOS, G.; GOODE, T.; GOYETTE, A.; GRAHAM, J.; GRANDBOIS, E.; GYALTSEN, K.; HAFEZ, N.; HAGOPIAN, D.; HAGOS, B.; HALL, J.; HEALY, C.; HEGARTY, R.; HONAN, T.; HORN, A.; HOUDE, N.; HUGHES, L.; HUNNICUTT, L.; HUSBY, M.; JESTER, B.; JONES, C.; KAMAT, A.; KANGA, B.; KELLIS, C.; KHAZANOVICH, D.; KIEU, A. C.; KISNER, P.; KUMAR, M.; LANCE, K.; LANDERS, T.; LARA, M.; LEE, W.; LEGER, J. P.; LENNON, N.; LEUPER, L.; LEVINE, S.; LIU, J.; LIU, X.; LOKYITSANG, Y.; LOKYITSANG, T.; LUI, A.; MACDONALD, J.; MAJOR, J.; MARABELLA, R.; MARU, K.; MATTHEWS, C.; MCDONOUGH, S.; MEHTA, T.; MELDRIM, J.; MELNIKOV, A.; MENEUS, L.; MIHALEV, A.; MIHOVA, T.; MILLER, K.; MITTELMAN, R.; MLENGA, V.; MULRAIN, L.; MUNSON, G.; NAVIDI, A.; NAYLOR, J.; NGUYEN, T.; NGUYEN, N.; NGUYEN, C.; NGUYEN, T.; NICOL, R.; NORBU, N.;

NORBU, C.; NOVOD, N.; NYIMA, T.; OLANDT, P.; O'NEILL, B.; O'NEILL, K.; OSMAN, S.; OYONO, L.; PATTI, C.; PERRIN, D.; PHUNKHANG, P.; PIERRE, F.; PRIEST, M.; RACHUPKA, A.; RAGHURAMAN, S.; RAMEAU, R.; RAY, V.; RAYMOND, C.; REGE, F.; RISE, C.; ROGERS, J.; ROGOV, P.; SAHALIE, J.; SETTIPALLI, S.; SHARPE, T.; SHEA, T.; SHEEHAN, M.; SHERPA, N.; SHI, J.; SHIH, D.; SLOAN, J.; SMITH, C.; SPARROW, T.; STALKER, J.; STANGE-THOMANN, N.; STAVROPOULOS, S.; STONE, C.; STONE, S.; SYKES, S.; TCHUINGA, P.; TENZING, P.; TESFAYE, S.; THOULUTSANG, D.; THOULUTSANG, Y.; TOPHAM, K.; TOPPING, I.; TSAMLA, T.; VASSILIEV, H.; VENKATARAMAN, V.; VO, A.; WANGCHUK, T.; WANGDI, T.; WEIAND, M.; WILKINSON, J.; WILSON, A.; YADAV, S.; YANG, S.; YANG, X.; YOUNG, G.; YU, Q.; ZAINOUN, J.; ZEMBEK, L.; ZIMMER, A.; LANDER, E. S. Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog. **Nature**, London, v. 438, n. 7069, p. 803-819, 2005. DOI: 10.1038/nature04338.

MACFADEM JUAREZ, K.; MARINHO-FILHO, J. Diet, habitat use, and home ranges of sympatric canids in central Brazil. **Journal of Mammalogy**, Cary, v. 83, n. 4, p. 925-933, 2002. DOI: 10.1644/1545-1542(2002)083<0925:DHUAHR>2.0.CO;2.

MARCHANT, T. W.; JOHNSON, E. J.; MCTEIR, L.; JOHNSON, C. I.; GOW, A.; LIUTI, T.; KUEHN, D.; SVENSON, K.; BERMINGHAM, M. L.; DRÖGEMÜLLER, M.; NUSSBAUMER, M.; DAVEY, M. G.; ARGYLE, D. J.; POWELL, R. M.; GUILHERME, S.; LANG, J.; HAAR, G. T.; LEEB, T.; SCHWARZ, T.; MELLANBY, R. J.; CLEMENTS, D. N.; SCHOENEBECK, J. J. Canine brachycephaly is associated with a retrotransposon-mediated missplicing of SMOC2. **Current Biology**, Cambridge, v. 27, n. 11, p. 1573-1584.e6, 2017. DOI: 10.1016/j.cub.2017.04.057.

MARSDEN, C. D.; ORTEGA-DEL VECCHYO, D.; O'BRIEN, D. P.; TAYLOR, J. F.; RAMIREZ, O.; VILÀ, C.; MARQUES-BONET, T.; SCHNABEL, R. D.; WAYNE, R. K.; LOHMUELLER, K. E. Bottlenecks and selective sweeps during domestication have increased deleterious genetic variation in dogs. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v. 113, n. 1, p. 152-157, 2016. DOI: 10.1073/pnas.1512501113.

MATHIESON, I. The omnigenic model and polygenic prediction of complex traits. **American Journal of Human Genetics**, Cambridge, v. 108, n. 9, p. 1558-1563, 2021. DOI: 10.1016/j.ajhg.2021.07.003.

MAXIMIANO NETO, A. M.; VIOTTO DE SOUZA, W.; FROMME, L.; DOMINGUES, M. G.; GUIMARÃES, L. P.; SILVA, T. A.; SANTOS, A. L. Q. Craniometry in *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae). **International Journal of Morphology**, Temuco, v. 38, n. 3, p. 640-644, 2020. DOI: 10.4067/S0717-95022020000300640.

MCKINLEY, M. P.; O'LOUGHLIN, V. D.; BIDLE, T. S. Skeletal system: bone structure and function. In: MCKINLEY, M. P.; O'LOUGHLIN, V. D.; BIDLE, T. S. **Anatomy & physiology: an integrative approach**. [s.l.] McGraw-Hill, 2016. p. 211-235.

MOURA BUBADUÉ, J.; CÁCERES, N.; CARVALHO, R. S.; MELORO C. Ecogeographical variation in skull shape of South-American canids: abiotic or biotic processes? **Evolutionary Biology**, Heidelberg, v. 43, p. 145-159, 2016. DOI: 10.1007/s11692-015-9362-3.

PACKER, R. M. A.; HENDRICKS, A.; TIVERS, M. S.; BURN, C. C. Impact of facial conformation on canine health: Brachycephalic obstructive airway syndrome. **PLoS One**, San Francisco, v. 10, n. 10, artigo e0137496, 21 p., 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0137496.

PARKER, H. G.; VONHOLDT, B. M.; QUIGNON, P.; MARGULIES, E. H.; SHAO, S.; MOSHER, D. S.; SPADY, T. C.; ELKAHLOUN, A.; CARGILL, M.; JONES, P. G.; MASLEN, C. L.; ACLAND, G. M.; SUTTER, N. B.; KUROKI, K.; BUSTAMANTE, C. D.; WAYNE, R. K.; OSTRANDER, E. A. An expressed fgf4 retrogene is associated with breed-defining chondrodysplasia in domestic dogs. **Science**, Washington, DC, v. 325, n. 5943, p. 995-998, 2009. DOI: 10.1126/science.1173275.

PERINI, F. A.; RUSSO, C. A.; SCHRAGO, C. G. The evolution of South American endemic canids: a history of rapid diversification and morphological parallelism. **Journal of Evolutionary Biology**, Oxford, v. 23, n. 2, p. 311-322, 2010. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2009.01901.x.

PERRI, A. G.; FEUERBORN, T. R.; FRANTZ, L. A. F.; LARSON, G.; MALHI, R. S.; MELTZER, D. J.; WITT, K. E. Dog domestication and the dual dispersal of people and dogs into the Americas. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v. 118, n. 6, artigo e2010083118, 8 p., 2021. DOI: 10.1073/pnas.2010083118.

PINTO, C. G. **Simulação de forças ao nível da ATM através de elementos finitos num modelo de mordida profunda**. 2016. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ortodontia) - CESPU Instituto Universitário de Ciências da Saúde do Norte, Gandra, 2016.

PLASSAIS, J.; KIM, J.; DAVIS, B. W.; KARYADI, D. M.; HOGAN, A. N.; HARRIS, A. C.; DECKER, B.; PARKER, H. G.; OSTRANDER, E. A. Whole genome sequencing of canids reveals genomic regions under selection and variants influencing morphology. **Nature Communications**, London, v. 10, n. 1, artigo 1489, 14 p., 2019. DOI: 10.1038/s41467-019-09373-w.

QUEIROLO, D.; MOREIRA, J. R.; SOLER, L.; EMMONS, L. H.; RODRIGUES, F. H. G.; PAUTASSO, A. A.; CARTES, J. L.; SALVATORI, V. Historical and current range of the Near Threatened maned wolf *Chrysocyon brachyurus* in South America. **Oryx**, Cambridge, v. 45, n. 2, p. 296-303, 2011.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

RAMIREZ, O.; OLALDE, I.; BERLUND, J.; LORENTE-GALDOS, B.; HERNANDEZ-RODRIGUEZ, J.; QUILEZ, J.; WEBSTER, M. T.; WAYNE, R. K.; LALUEZA-FOX, C.; VILÀ, C.; MARQUES-BONET, T. Analysis of structural diversity in wolf-like canids reveals post-domestication variants. **BMC Genomics**, London, v. 15, n. 1, artigo 465, 10 p., 2014. DOI: 10.1186/1471-2164-15-465.

RAYMOND, P. W.; VELIE, B. D.; WADE, C. M. Forensic DNA phenotyping: *Canis familiaris* breed classification and skeletal phenotype prediction using functionally significant skeletal SNPs and indels. **Animal Genetics**, Oxford, v. 53, n. 3, p. 247-263, 2022. DOI: 10.1111/age.13165.

RODDEN, M.; RODRIGUES, F.; BESTELMEYE, S. Maned wolf *Chrysocyon brachyurus*. In: SILLERO-ZUBIRI, C.; HOFFMANN, M.; MACDONALD, D. W. (Eds.). **Canids: foxes, wolves, jackals and dogs: status survey and conservation action plan**. Cambridge: IUCN, 2004. p. 38-43.

ROHLF, F. J. Morphometrics. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 21, p. 299-316, 1990. DOI: 10.1146/annurev.es.21.110190.001503.

SAKAMOTO, M.; RUTA, M.; VENDITTI, C. Extreme and rapid bursts of functional adaptations shape bite force in amniotes. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 286, n. 1894, artigo 20181932, 9 p., 2019. DOI: 10.1098/rspb.2018.1932.

SANTAGATI, F.; RIJLI, F. M. Cranial neural crest and the building of the vertebrate head. **Nature Reviews Neuroscience**, London, v. 4, n. 10, p. 806-818, 2003. DOI: 10.1038/nrn1221.

SANTOS, A. L. Q.; PAZ, B. F.; BARROS, R. F.; NALLA, S. F.; PEREIRA, T. S. Craniometric measurements in maned wolves *Chrysocyon brachyurus* Illiger, 1815 (Carnivora, Canidae). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 18, artigo e-37693, 9 p., 2017. DOI: 10.1590/1089-6891v18e-37693.

SANTOS, R. A. L.; MOTA-FERREIRA, M.; AGUIAR, L. M. S.; ASCENSÃO, F. Predicting wildlife road-crossing probability from roadkill data using occupancy-detection models. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 642, p. 629-637, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.107.

SCHIMMING, B. C.; SILVA, J. R. C. P. Craniometria em cães (*Canis familiaris*): aspectos em crânios mesaticéfalos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 5-11, 2013. DOI: 10.11606/issn.2318-3659.v50i1p5-11.

SCHMITT, E.; WALLACE, S. Shape change and variation in the cranial morphology of wild canids (*Canis lupus*, *Canis latrans*, *Canis rufus*) compared to domestic dogs (*Canis familiaris*) using geometric morphometrics. **International Journal of Osteoarchaeology**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 42-50, 2014. DOI: 10.1002/oa.1306.

SCHOENEBECK, J. J.; OSTRANDER, E. A. The genetics of canine skull shape variation. **Genetics**, Cary, v. 193, n. 2, p. 317-325, 2013. DOI: 10.1534/genetics.112.145284.

SEGURA, V.; PREVOSTI, F. A quantitative approach to the cranial ontogeny of *Lycalopex culpaeus* (Carnivora: Canidae). **Zoomorphology**, Heidelberg, v. 131, p. 79-92, 2012. DOI: 10.1007/s00435-012-0145-4.

SELBA, M. C.; OECHTERING, G. U.; HENG, H. G.; DELEON, V. B. The impact of selection for facial reduction in dogs: geometric morphometric analysis of canine cranial shape. **Anatomical Record**, Hoboken, v. 303, n. 2, p. 330-346, 2020. DOI: 10.1002/ar.24184;

SMITH, M. M.; ERB, J. D.; PAULI, J. N. Reciprocated competition between two forest carnivores drives dietary specialization. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, 12 p., 2023. DOI: 10.1111/1365-2656.13962.

SMITH, T. D.; VAN VALKENBURGH, B. The dog–human connection. **Anatomical Record**, Hoboken, v. 304, n. 1, p. 10-18, 2021. DOI: 10.1002/ar.24534.

SOARES, R. M.; CORTEZ, L. R. P. B.; GENNARI, S. M; SERCUNDES, M. K.; KEID, L. B.; PENA, H. F. J. Crab-eating fox (*Cerdocyon thous*), a South American canid, as a definitive host for *Hammondia heydorni*. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 162, n. 1-2, p. 46-50, 2009. DOI: 10.1016/j.vetpar.2009.02.003..

STONE, H. R.; MCGREEVY, P. D.; SARTLING, M. J.; FORKMAN, B. Associations between domestic-dog morphology and behaviour scores in the dog mentality assessment. **PLoS One**, San Francisco, v. 11, n. 2, artigo e014940314 p., 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0149403.

TAMARGO, R. J.; PINDRIK, J. A. Mammalian skull dimensions and the golden ratio (Φ). **Journal of Craniofacial Surgery**, Hagerstown, v. 30, n. 6, p. 1750-1755, 2019. DOI: 10.1097/SCS.00000000000005610.

VAN ADRICHEM, L. N.; HOOGEBOOM, A. J.; WOLVIUS, E. B. Genetics of craniofacial development. **Nederlands Tijdschrift voor Tandheelkunde**, Utrecht, v. 115, n. 2, p. 61-68, 2008.

WARNES, G. R.; BOLKER, B.; BONEBAKKER, L.; GENTLEMAN, R.; HUBER, W.; LIAW, A.; LUMLEY, T.; MAECHLER, M.; MAGNUSSON, A.; MOELLER, S.; SCHWARTZ, M.; VENABLES, B.; GALILI, T. **Gplots**: various R programming tools for plotting data. Version 3.1.3. [S.I.], 25 abr. 2022. Disponível em: <http://cran.r-project.org/web/packages/gplots/index.html>. Acesso em: 19 jan. 2023.

WAYNE, R. K. Limb morphology of domestic and wild canids: The influence of development on morphologic change. **Journal of Morphology**, Philadelphia, v. 187, n. 3, p. 301-319, 1986. DOI: 10.1002/jmor.1051870304.

WAYNE, R. K.; GEFFEN, E.; GIRMAN, D. J.; KOEPFLI, K. P.; LAU, L. M.; MARSHALL, C. R. Molecular systematics of the Canidae. **Systematic Biology**, Oxford, v. 46, n. 4, p. 622-653, 1997. DOI: 10.1093/sysbio/46.4.622.

WILKINS, A. S.; WRANGHAM, R. W.; FITCH, W. T. The 'domestication syndrome' in mammals: a unified explanation based on neural crest cell behavior and genetics. **Genetics**, Austin, v. 197, n. 3, p. 795-808, 2014. DOI: 10.1534/genetics.114.165423.

ZEDER, M. A. The domestication of animals. **Journal of Anthropological Research**, New York, v. 68, n. 2, p. 161-190, 2012.

ANEXO A – DECLARAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



CAMPUS ARAÇATUBA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA - Ethics Committee on the Use of Animals

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa intitulado "**Mensuração da força de mordida nos crânios secos de canídeos através da análise dos elementos finitos FEA**", Processo FOA nº 0780/2021, sob responsabilidade de Yuri Tani Utsunomiya apresenta um protocolo experimental de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal e sua execução foi aprovada pela CEUA em 17 de Dezembro de 2021.

VALIDADE DESTE CERTIFICADO: 26 de Fevereiro de 2023.

DATA DA SUBMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL: até 26 de Março de 2023.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled "**Bite force measurement in dry canid skulls by finite element analysis FEA**", Protocol FOA nº 0780-2021, under the supervision of Yuri Tani Utsunomiya presents an experimental protocol in accordance with the Ethical Principles of Animal Experimentation and its implementation was approved by CEUA on December 17, 2021.

VALIDITY OF THIS CERTIFICATE: February 26, 2023.

DATE OF SUBMISSION OF THE FINAL REPORT: March 26, 2023.

Prof. Associado João Carlos Callera
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba
Rua José Bonifácio, 1193 – Vila Mendonça - CEP: 16015-050 – ARAÇATUBA – SP
Fone (18) 3636-3234 Email CEUA: ceua.foa@unesp.br

ANEXO B – AUTORIZAÇÃO PARA ATIVIDADES COM FINALIDADE CIENTÍFICA



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80624-1	Data da Emissão: 29/10/2021 08:21:29	Data da Revalidação*: 29/10/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: RODRIGO ANTONIO FERNANDES	CPF: 214.584.668-92
Título do Projeto: Mensuração da força de mordida nos crânios secos de canídeos através da Análise dos Elementos Finitos FEA	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP	CNPJ: 48.031.918/0039-05

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Craniometria; Tomografia; Radiografias; coleta de dados, tabulação dos dados	11/2021	11/2022

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	Fabiano Antonio Cadioli	pesquisador	196.335.848-17	Brasileira
2	LUISA HUSZ TOLEDO	IC Iniciação Científica	464.865.028-00	Brasileira
3	ISABELLE LEITE MIAM	IC Iniciação Científica	490.300.708-11	Brasileira
4	Felipe Chinaglia Montefeltro	Pesquisador	324.949.178-08	Brasileira
5	YURI TANI UTSUNOMIYA	Pesquisador	315.493.558-48	Brasileira

Observações e ressalvas

1	Deve-se observar as as recomendações de prevenção contra a COVID-19 das autoridades sanitárias locais e das Unidades de Conservação a serem acessadas.
2	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
3	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
5	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
6	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0806240120211029

Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80624-1	Data da Emissão: 29/10/2021 08:21:29	Data da Revalidação*: 29/10/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: RODRIGO ANTONIO FERNANDES	CPF: 214.584.668-92
Título do Projeto: Mensuração da força de mordida nos crânios secos de canídeos através da Análise dos Elementos Finitos FEA	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP	CNPJ: 48.031.918/0039-05

Observações e ressalvas

9	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	CENAP Atibaia-SP
---	------------------

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Araçatuba SP	Araçatuba-SP	Cerrado	Não	Fora de UC Federal

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Atividades ex-situ (fora da natureza)

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
1	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Canis	-
2	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Cerdocyon	-
3	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Chrysocyon	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0806240120211029

Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80624-1	Data da Emissão: 29/10/2021 08:21:29	Data da Revalidação*: 29/10/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: RODRIGO ANTONIO FERNANDES	CPF: 214.584.668-92
Título do Projeto: Mensuração da força de mordida nos crânios secos de canídeos através da Análise dos Elementos Finitos FEA	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP	CNPJ: 48.031.918/0039-05

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Amostras biológicas (Carnívoros)	Animal encontrado morto ou partes (carcaça)/osso/pele

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP	Coleção

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0806240120211029

Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 80624-1	Data da Emissão: 29/10/2021 08:21:29	Data da Revalidação*: 29/10/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: RODRIGO ANTONIO FERNANDES	CPF: 214.584.668-92
Título do Projeto: Mensuração da força de mordida nos crânios secos de canídeos através da Análise dos Elementos Finitos FEA	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP	CNPJ: 48.031.918/0039-05

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

[illegible]

* Identificar o espécime do nível taxonômico possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0806240120211029

Página 4/4