FERNANDA HOFMANN-APPOLLO

**Estudo comparativo da forma do crânio de cães
braquicefálicos e mesaticefálicos por meio de
técnicas de morfometria geométrica em três
dimensões**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica
Veterinária da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo para a obtenção do título
de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento

Cirurgia

Área de Concentração

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientador

Prof. Dr. Marco Antonio Gioso

São Paulo

2009

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.2090
FMVZ

Hofmann-Appollo, Fernanda

Estudo comparativo da forma do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos por meio de técnicas de morfometria geométrica em três dimensões / Fernanda Hofmann-Appollo . – São Paulo : F. Hofmann-Appollo, 2009.

101 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, 2009.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.
Área de Concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Gioso.

1. Morfometria geométrica. 2. Cães. 3. Crânio. 4. Assimetria.
5. Maloclusão. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Estudo comparativo da forma do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos por meio de técnicas de morfometria geométrica em três dimensões. Estudo em crânios", protocolado sob o nº1370/2008, utilizando 60 (sessenta) cães, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marco Antonio Gioso, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Comparative study of skull shape in brachycephalic and mesaticephalic dogs using three-dimensional geometric morphometric techniques", protocol number 1370/2008, utilizing 60 (sixty) dogs, under the responsibility Prof. Dr. Marco Antonio Gioso, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the School of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendum" meeting).

São Paulo, 17 de novembro de 2008

Prof. Dr. José Luis Bernardino Merusse
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA AVALIAÇÃO

Nome: HOFMANN-APPOLLO, Fernanda

Título: Estudo comparativo da forma do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos por meio de técnicas de morfometria geométrica em três dimensões

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

À minha mãe Luiza que jamais colocou empecilhos ou medos para o meu
crescimento pessoal e profissional, confiou
e, com muito amor e respeito, me incentivou para a vida.
Ninguém mais do que você sabe o que tudo isto significa para mim.
Agradeço imensamente por sempre motivar e apoiar minhas escolhas.

*“Tudo aquilo que tentamos com freqüência e não deixamos de desejar, um dia
acabamos por conseguir”.*

Sigmund Schlomo Freud (1856-1939)

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por me proteger e iluminar meus caminhos em cada dia da minha vida.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Marco Antonio Gioso*, agradeço a oportunidade de fazer parte da Odontologia Veterinária, caminhada iniciada no ano de 2001, quando tive a oportunidade de conhecê-lo pessoalmente em Porto Alegre, numa palestra realizada na UFRGS.

No ano seguinte, estava em São Paulo, realizando estágio curricular no Laboratório de Odontologia Comparada – LOC, iniciando minha caminhada na área que sempre desejei trabalhar. Entrar para o mestrado era um sonho, tornou-se objetivo e hoje é realidade.

Daquele tempo para cá, muitas coisas aprendi com você que não somente Odontologia. Talvez você não saiba, mas seus cursos, palestras, aulas de inglês entre tantas outras coisas me fizeram melhorar como pessoa. Aprendi muito nesses anos todos de convivência.

Obrigada por abrir as portas do LOC e me aceitar como orientanda, possibilitando que meu sonho se tornasse realidade. Você, pela sua história e caminhada na Odontologia Veterinária, me fez seguidora dos seus passos.

Tenho muito orgulho de pertencer ao seu grupo.

Muito obrigada!

À *Dr^a Erika Hingst-Zaher*, co-orientadora desta pesquisa, meus mais sinceros agradecimentos pelas idéias, disponibilização de material, interesse em ajudar, motivação e toda empolgação com nossos resultados.

Por vários sábados e semanas no Museu de Zoologia-USP, desde o início dos trabalhos até o final da pesquisa. Pelas correções e considerações, sempre pertinentes e de grande valia.

Reforço minhas palavras ao dizer que você é um exemplo de pesquisadora para mim, tenho orgulho de ter trabalhado com você. Obrigada pela sua amizade e confiança.

Ao amigo, *Prof. Dr. João Rossi Junior*, por todo incentivo à pesquisa e por acreditar que estávamos no caminho certo. Obrigada por ter me apresentado à Dr^a. Erika. Você também é responsável pelo resultado deste trabalho. Obrigada pelas considerações, empréstimo de livros, trocas de idéias, “viagens” ao MZ, criação e produção dos suportes para os crânios, pelos “álbuns” de fotografia durante os trabalhos, seu companheirismo, amizade, e por me inserir na vida dos “coloridos”.

Ao Biólogo e pós-graduando Guilherme Rodrigues Garcia pelo seu envolvimento desde o início dos trabalhos, com sugestões, explicações, paciência, toda análise estatística e preparo das fotos. Obrigada de coração. Sua participação nesta pesquisa foi fundamental.

Ao Biólogo e pós-graduando Fábio Machado, pelas considerações.

Aos colegas do LOC, Marco Antonio León Román, Fernanda Maria Lopes, Vanessa Gomes Carvalho, Daniel Giberne Ferro, João Rossi Junior, Lésle Domingues Falqueiro, Carla Omura, Jonathan Ferreira, Mariana Lage-Marques, Juliana Kowalesky, Fernanda Leirião, Cristina Espanã, Roberto Fecchio, Lenin Arturo, Sérgio Camargo e à Samira Lessa Abdalla. Obrigada pela convivência diária e a permanente troca de experiências durante todos esses anos.

Ao amigo *Marco Antonio León Román*, por quem tenho grande estima e respeito. Lembro da minha primeira aula de endodontia, nas salas do HOVET, com toda sua empolgação e vontade de ensinar. Obrigada por tudo, desde a co-orientação na monografia da graduação aos ensinamentos durante esses anos de LOC.

À amiga *Vanessa Graciela Gomes Carvalho*, sempre disposta em ensinar e ajudar no desenvolvimento dos meus projetos de pesquisa. Obrigada por todas as considerações, discussões, orientações e idéias ao longo deste e de outros trabalhos. Obrigada pelo respeito e aprendizado nas atividades diárias do LOC.

Ao amigo *Daniel Giberne Ferro*, pelos ensinamentos nas manhãs que convivemos no LOC, pelo bom humor e tantas risadas.

Aos amigos do Odontovet, Michèle Venturini e Herbert Lima Corrêa pelos ensinamentos, amizade e oportunidades. Sou muito grata a vocês.

Aos Professores desta Faculdade, especialmente à *Drª. Silvia Renata Gaido Cortopassi* pela amizade, apoio nos momentos difíceis, considerações, ensinamentos, conversas e risadas. Ao *Dr. Franklin de Almeida Sterman* por ser um exemplo de coragem, perseverança e otimismo. Muito obrigada.

Ao *Prof. Dr. Pedro Primo Bombonato* que gentilmente colocou à nossa disposição os exemplares de sínclônios pertencentes à coleção do Museu de Anatomia desta Faculdade para a pesquisa.

À *Profª. Drª. Maria Inês Witz*, minha orientadora de estágio ainda nos tempos da graduação, agradeço o incentivo de permanecer na Odontologia Veterinária e por ter aprendido com você.

À *Profª. Drª Miriam Turbino* e seu grupo de estatística da CAPES, da Faculdade de Odontologia (FO-USP), pela ajuda na compreensão dos resultados.

Aos secretários da pós-graduação Belarmino Ney Pereira e Alessandra Souza pela ajuda durante o curso.

Ao Departamento de Cirurgia, pela concessão da bolsa de estudos proveniente da CAPES.

Aos Médicos Veterinários pelos ensinamentos e ajuda na rotina do HOVET.

Ao funcionário do Bloco 4 do HOVET, José Miron da Silva, por toda ajuda prestada na rotina dos atendimentos do LOC, nas aulas da graduação, experimentos e tantas outras atividades.

Aos funcionários da Cirurgia Cledson Lelis dos Santos, Jesus dos Anjos Vieira e Otávio Rodrigues dos Santos pelo profissionalismo, amizade e boa vontade em ajudar nas tarefas diárias.

Aos funcionários da Clínica Médica Carlito dos Santos Belau, Gilberto Pereira da Cruz, Milton G. dos Santos e, especialmente, ao Antonio Carlos Malaquias “Toninho”, pela ajuda em separar os animais para esta pesquisa.

Aos funcionários da Patologia, Raimundo Nonato Maciel e Edson Luiza de Souza pelo preparo dos animais.

Aos funcionários da Biblioteca pelas revisões da dissertação e prestação de serviços durante todos estes anos.

Aos colegas da pós-graduação, especialmente aos amigos Massae Shimamura, Mariana Chaparro, Ewaldo Mattos Junior, Leda e Luis Barros pela convivência diária, troca de experiências, risadas, desesperos e muitas alegrias nestes anos de pós-graduação.

Ao pós-graduando Marcello Machado pela disposição e boa vontade não apenas em ensinar, mas de participar no processo de maceração e preparo das peças utilizadas nesta pesquisa, durante vários finais de semana e pela realização das fotos. Muito obrigada!

Ao Médico Veterinário e amigo Lourenço Coti pela imensa colaboração na coleta de material para a pesquisa, não medindo esforços em nos ajudar. Sua participação foi fundamental para alcançarmos o número de animais necessários para este estudo.

À Priscila Sodré Quirino Ferreira e sua equipe agradeço a amizade e compreensão durante todos estes anos, entendendo minhas faltas e incentivando meu crescimento profissional.

Aos amigos que apoiaram e torceram por mim. Vocês são especiais! Agradeço à Viviam Pignone, amiga e companheira que sempre torceu por mim e acompanhou minha caminhada desde 2000.

Os anos passaram nesta “terra de gigantes” e pessoas maravilhosas cruzaram meu caminho. Mas não pessoas comuns, pessoas especiais como vocês.

Amizades amadureceram e outras nasceram. E vocês, minhas queridas Fernanda Maria Lopes e Samira Lessa Abdalla são essas pessoas.

Fê, aquelas colegas de mestrado o tempo transformou em amigas, companheiras, confidentes e “irmãs”. Minha querida parceira de discussões, noites em claro escrevendo (com muitos cafés!), viagens ao Museu de Zoologia, caronas, almoços, colega de escala nos atendimentos do LOC e tantas trocas de experiências. Todas as ondas de empolgação e desânimo, seguidas de novas ondas de empolgação resultaram nas nossas dissertações. Terminamos. E parecia não ter fim. Mas ele chegou. Findamos esta etapa. Obrigada por tudo!

Não poderia deixar de agradecer à família Lopes (Sr. Sérgio e D. Célia), que me recebeu como “filha”, no momento que mais precisei. Obrigada por fazerem parte da minha vida! Vocês são especiais!

Sá, amiga querida e colega de atendimentos no LOC, admiro sua determinação e empolgação em tudo que faz. A convivência tem aumentado nossa amizade e afinidade. Obrigada pelo ombro amigo, por me escutar e estar presente nas horas difíceis e participar dos momentos felizes também!

*“Abençoados os que possuem amigos, os que os têm sem pedir.
Porque amigo não se pede, não se compra, nem se vende.
Amigo a gente sente!*

*Benditos os que sofrem por amigos, os que falam com o olhar.
Porque amigo não se cala, não questiona, nem se rende.
Amigo a gente entende!*

*Benditos os que guardam amigos, os que entregam o ombro pra chorar.
Porque amigo sofre e chora.
Amigo não tem hora pra consolar!*

Benditos sejam todos os amigos de raízes, verdadeiros!”

Machado de Assis (1839-1908)

À minha família, que deixei no RS, há mais de cinco anos. À minha mãe, Luiza e meu irmão, João Felipe. Não foi e não é fácil ficar longe de vocês, longe de casa. Perder o convívio diário, não tem preço. Os anos passam e algumas coisas não voltam mais e isso assusta. Por várias e várias vezes me questionei se valeu a pena essa “troca”. Mas tenho certeza que sim. E valeu principalmente porque vocês acreditaram, assim como eu, que era possível.

Amo muito vocês!

“Mude suas opiniões, sustente seus princípios; troque suas folhas, mantenha intactas suas raízes”.

Victor Hugo (1802-1885)

A você, meu querido João Felipe:

*Se as coisas são inatingíveis... ora!
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos, se não fora
A presença distante das estrelas!*

Mário Quintana (1906-1994)

À família Hofmann, tios, primos, minha querida vó Tereza que estiveram ao meu lado, torcendo para que tudo desse certo e sempre preocupados com a minha felicidade. Amo vocês demais!

Aos animais de estimação que fizeram e fazem parte da minha história, *Pink, Ravel, Gomez, Thomé, Preto e Porpetá* entre tantos outros, obrigada por tornarem meus dias mais felizes.

Por fim, agradeço aos animais que participaram e contribuíram para a realização desta pesquisa e para o meu aprendizado. Que este trabalho possa acrescentar e engrandecer a nossa profissão de Médicos Veterinários e, principalmente, nossa especialidade, a Odontologia.

RESUMO

HOFMANN-APPOLLO, F. **Estudo comparativo da forma do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos por meio de técnicas de morfometria geométrica em três dimensões.** [Comparison of skull shape in brachycephalic and mesaticephalic dogs using three-dimensional morphometric techniques]. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Os padrões de conformação craniana resultantes da seleção das raças durante o processo de domesticação do cão evidenciam as relações entre as diversas partes que compõe o crânio. As raças braquicefálicas apresentam as maiores variações na forma quando comparadas aos mesaticefálicos, padrão este já descrito de forma qualitativa na literatura. Neste estudo, por meio da morfometria geométrica, as diferentes regiões do crânio e mandíbula de exemplares pertencentes aos dois grupos foram analisadas quantitativamente. Foram selecionados 52 crânios e 57 pontos anatômicos, digitalizados em três dimensões representando a forma destes crânios. As coordenadas foram utilizadas em análises multivariadas, buscando a caracterização quantitativa das diferenças na forma entre os grupos. Para o estudo da assimetria, foram analisados o crânio e mandíbula separadamente: regiões de contato da dentição com o crânio e com a mandíbula; caixa craniana; fossa mandibular; processo condilar; arco zigomático e processo coronóide. Para a caracterização dos padrões de covariância, as regiões de interesse foram analisadas aos pares: contato da dentição com o crânio e a com a mandíbula; fossa mandibular e processo condilar; arco zigomático e processo coronóide; dentes 4^o pré-molar superior e 1^o molar inferior; crânio e mandíbula. As análises estatísticas mostraram diferenças significativas entre os dois grupos, braquicefálicos e mesaticefálicos, com assimetrias nas regiões do crânio e no contato da dentição com o crânio e com a mandíbula. Na análise do índice de covariância houve diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos no contato da dentição com o crânio e com a mandíbula; crânio e mandíbula; relação dos dentes 4^o pré-molar superior e 1^o molar inferior. Concluiu-se que as principais

diferenças estão concentradas na região rostral do crânio e mandíbula, nas regiões de contato da dentição nestas regiões e entre o 4^o pré-molar superior e 1^o molar inferior. Estes resultados sugerem que as maiores variações no crânio dos braquicefálicos estão concentradas nas regiões que participam conjuntamente da mastigação, sem diferenças na parte caudal do sínocrânio.

Palavras-chave: Morfometria geométrica. Cães. Crânio. Assimetria. Maloclusão

ABSTRACT

HOFMANN-APPOLLO, F. **Comparison of skull shape in brachycephalic and mesaticephalic dogs using three-dimensional morphometric techniques.** [Estudo comparativo da forma do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos por meio de técnicas de morfometria geométrica em três dimensões]. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

The observed variation in skull conformation of the breeds of domestic dogs is the result of selection during domestication process and it provide information about the patters of interaction among the different parts that constitutes this structure. Qualitative studies published in the literature shown that brachycephalic breeds have the highest variability in skull shape when compared to mesaticephalics. In this study, different regions of the skull of specimens belonging to both groups were analyzed quantitatively, using geometric morphometric techniques. Fifty-two skulls and 57 landmarks were selected and digitalized to perform a 3-D reconstruction of the skulls. Multivariate analyses over the coordinates were used to analyze and quantify shape differences between the two groups. Patterns of asymmetry were explored for both, the cranium and mandible, analyzing separately six regions of interest: teeth contact between upper and lower jaw; braincase; mandibular fossae; condilar processes; zygomatic arches and coronoid processes. To evaluate covariance patterns the regions were analyzed in pairs: teeth contact between upper and lower jaw; mandibular fossae and condilar process; zygomatic arch and coronoid process; upper fourth premolar and lower first molar; cranium and mandible. The statistical analyses indicated significant differences between the brachycephalic and mesaticephalic groups for asymmetry at the different regions of the skull and teeth contact between upper and lower jaw. For the covariance patterns there is statistical significant difference for teeth occlusion between upper and lower jaw; skull and jaw; upper fourth premolar and lower first molar relationship. In conclusion, the main differences are located in the rostrum contact between upper and lower rostral teeth and upper fourth premolar and lower first molar. These results suggest that the highest

shape variability in the skull of braquicephalics dogs is concentrated in structures that are used in the mastication, without differences at the caudal region of the jaws.

Key-words: Geometric morphometrics. Dogs. Skull. Asymmetry. Malocclusion

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sincrânio de cão mesaticefálico da raça Cocker, com oclusão classe 0, tipo II (normal variante). Apresenta intercuspidação entre os pré-molares superiores e inferiores com discreta variação do padrão normal tipo I.....	35
Figura 2 - Sincrânio de cão braquicefálico da raça Boxer, com oclusão classe 0, tipo III, aceitável para a raça. De acordo com a literatura, não podem ser considerados como portadores de maloclusão classe III	36
Figura 3 - Ilustração da forma craniana (superior) de um cão braquicefálico (inferior) quando submetido à morfometria geométrica por meio de pontos anatômicos	44
Figura 4 - Braço articulado modelo MicroScribe®-3D	56
Figura 5 - Ponteira do braço articulado MicroScribe®-3D	56
Figura 6 - Suportes desenvolvidos para mandíbula e crânio	57
Figura 7 - Vista rostral de mandíbula de cão braquicefálico após o processo de maceração. Notar a presença de resina acrílica autopolimerizável na região de caninos e incisivos inferiores unindo as duas mandíbulas	60
Figura 8 - Pontos anatômicos selecionados para o crânio, indicados por números	63
Figura 9 - Pontos anatômicos selecionados para a mandíbula, indicados por números	65
Figura 10 - Digitalização de pontos da mandíbula com braço articulado MicroScribe®- 3D, conectado ao computador, sobre a tabela milimetrada.....	67
Figura 11 - Mandíbula de cão mesaticefálico (A) e braquicefálico (B), após o processo de maceração. A abertura existente entre as mandíbulas contra-laterais na região da articulação intermandibular (setas) é mais evidente nos braquicefálicos (B).....	83
Figura 12 - Vista rostral de mandíbula de cão braquicefálico após o processo de maceração. É possível observar a assimetria na região da articulação intermandibular.....	83
Figura 13 - Sincrânio de cão braquicefálico (Bulldog Inglês). Observar a relação oclusal insatisfatória entre o 4 ^o PM superior e o 1 ^o M inferior.	

Encurtamento significativo da maxila, com mau posicionamento e ausência de pré-molares superiores 84

Figura 14 - Sincrânio de cão braquicefálico (Boxer). Observar a relação oclusal insatisfatória entre o 4º PM superior e o 1º M inferior. Giroversão do 3º PM superior. Ausência do 1º PM inferior 84

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Análise de Componentes Principais (PCA) para o crânio, com valores positivos representando os mesaticefálicos e os valores negativos, os braquicefálicos 76
- Gráfico 2 - Análise de Componentes Principais (PCA) para a mandíbula, com valores negativos representando os mesaticefálicos e valores positivos, os braquicefálicos 77
- Gráfico 3 - Simulação para as regiões Xs/Xi, com valor real indicado, onde se pode notar diferença significativa ($p=0.0028$) nas regiões de contato da dentição, tanto em crânio como em mandíbula 79
- Gráfico 4 - Simulação para as regiões Sk/Md (total), com valor real indicado, onde se pode notar diferença significativa ($p=0.0043$) ao se considerar o índice de covariância entre crânio e mandíbula 80
- Gráfico 5 - Representação da redução da covariância entre as regiões Xs e Xi, nos braquicefálicos, onde se percebe maior variação na largura do polígono B em relação ao grupo M, ou seja, maior variação na região rostral do sincrânio 81
- Gráfico 6 - Relação do primeiro par de variáveis para o PLS (*Partial Least Squares*) com todos os pontos, onde se percebe que não há grande diferença na largura do polígono B em relação ao grupo M. Ou seja, a diferença na covariação não é tão grande no caso do PLS total, apesar de ser significativa 82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índices e medidas nos três tipos cranianos.....	34
Quadro 2 - Identificação e número total de indivíduos braquicefálicos selecionados para o estudo morfométrico	54
Quadro 3 - Identificação e número total de indivíduos mesaticefálicos selecionados para o estudo morfométrico.....	55
Quadro 4 - Descrição dos pontos anatômicos sagitais do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos	62
Quadro 5 - Descrição dos pontos anatômicos dos lados direito e esquerdo do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos	64
Quadro 6 - Descrição dos pontos anatômicos da mandíbula	66
Quadro 7 - Identificação das regiões de interesse no sínocrânio	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores encontrados para a repetibilidade das coordenadas do crânio	73
Tabela 2 - Valores encontrados para a repetibilidade das coordenadas da mandíbula	74
Tabela 3 - Resultados da assimetria encontrada nos dois tipos cranianos	75
Tabela 4 - Avaliação do Índice de Covariância por meio de <i>Two-Block Partial Least Squares</i> (2B-PLS)	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2B-PLS	Two-block Partial Least Squares
3D	Tridimensional
ANOVA	Análise de variância
ATM	Articulação temporomandibular
C	Canino
D	Direito
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
E	Esquerdo
ED	Estabilidade do desenvolvimento
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
HD	Homeostase do desenvolvimento
HOVET	Hospital Veterinário
GPA	<i>Generalized Procrustes Analysis</i>
LOC	Laboratório de Odontologia Comparada
M	Molar
MZ	Museu de Zoologia
N.A.V.	Nomina Anatômica Veterinária
PCA	<i>Principal Components Analysis</i> (Análise de Componentes Principais)
PM	Pré-molar
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

%	percentual
p	nível de significância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 OBJETIVOS	29
2 REVISÃO DE LITERATURA	30
2.1 ORIGEM DO CÃO DOMÉSTICO	31
2.2 VARIAÇÕES CRANIANAS.....	32
2.3 OCLUSÃO DENTÁRIA.....	34
2.4 ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR	36
2.5 AFECÇÕES CRÂNIO-MANDIBULARES	38
2.6 ASSIMETRIA CRANIANA	40
2.7 INTEGRAÇÃO MORFOLÓGICA.....	42
2.8 PRINCÍPIOS GERAIS DE MORFOMETRIA GEOMÉTRICA	43
2.8.1 Pontos Anatômicos.....	46
2.8.2 O Espaço da Forma de Kendall.....	47
2.8.3 Eliminação do tamanho	48
2.8.4 Configuração da tangente	49
2.8.5 Análise de Componentes Principais.....	50
3 MATERIAL E MÉTODOS	52
3.1 MATERIAL	53
3.1.1 Composição da amostra.....	53
3.1.2 Material permanente.....	55
3.1.3 Material de consumo.....	58
3.2 MÉTODOS	58
3.2.1 Preparo das mandíbulas.....	59

3.2.2 Processo de maceração	60
3.2.3 Seleção dos pontos anatômicos.....	61
3.2.4 Repetibilidade	67
3.2.5 Divisão e subdivisão do sínocrânio.....	67
3.2.6 Cálculo de assimetria para o sínocrânio	68
3.2.7 Cálculo do índice de covariância.....	69
3.2.8 Programas utilizados para as análises.....	70
4 RESULTADOS.....	71
5 DISCUSSÃO	86
6 CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS.....	96

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

Os cães representam a espécie doméstica de maior diversidade, com ampla variação em tamanho e conformação, exemplificada ao se comparar o Chihuahua com o Dogue Alemão. Essas amplas variações em grandeza não são observadas em nenhuma outra espécie de animal doméstico (STOCKARD, 1941; VILÀ; MALDONADO; WAYNE, 1999).

A diferença entre tamanho e conformação esquelética nas diferentes raças de cães ultrapassa o que se pode observar na Família Canidae, apresentando também diferenças de comportamento e fisiologia substanciais. Essas diferenças podem ser justificadas, em grande parte, devido à seleção artificial destes animais realizada ao longo dos anos pelo homem, resultando em grande influência no desenvolvimento da forma, coloração e comportamento dos cães (WAYNE, 1986).

Em relação ao crânio, o cão doméstico apresenta três tipos de conformações sendo o mesaticefálico, o braquicefálico e o dolicocefálico com diferenças na forma, tamanho e estrutura (comprimento intermediário, curto e longo da cabeça, respectivamente). Dentre eles, os braquicefálicos apresentam as maiores variações estruturais no crescimento da mandíbula e maxila podendo levar a vários graus de maloclusão dentária, dificuldade para se alimentar, desgaste desigual dos dentes e perdas dentárias sendo estas características altamente prevalentes em cães destas raças (STOCKARD, 1941).

As raças condrodistróficas (ou braquicefálicas) possuem forma craniana anormal, com pronunciada desarmonia estrutural (STOCKARD, 1941). Por apresentarem crescimento rápido e prognatismo inferior relativo, pressupõe-se uma maior predisposição a alterações temporomandibulares, alterações de ajuste e assimetria craniana. Entretanto, o efeito do tipo craniano na anatomia da articulação temporomandibular, por exemplo, ainda não está claramente definido (DICKIE; SULLIVAN, 2000). Por este motivo, faz-se necessário estudo apurado das possíveis alterações morfológicas que possam acompanhar o desenvolvimento craniano.

O estudo da variação da forma craniana nos cães e suas conseqüências, como a presença de assimetrias, alterações na articulação temporomandibular (ATM) e alterações na função mastigatória podem ser beneficiadas com a utilização de técnicas que permitam sua quantificação, dentro de um formalismo estatisticamente testável e que, ainda, permita a representação e comparação das

formas. Atualmente, a morfometria geométrica destaca-se por possuir o conjunto de características e ferramentas mais adequadas para a realização destas mensurações.

A morfometria geométrica tem sido pouco utilizada na Medicina Veterinária, diferentemente do que acontece em outras áreas, como na Biologia, Paleontologia e Medicina. A utilização de modelos matemáticos e métodos estatísticos para a quantificação de fenômenos em diversos ramos da Biologia, como a genética, ecologia, imunologia e fisiologia é uma prática já estabelecida.

A morfologia acompanhou a tendência geral de quantificação cuja percepção da modificação da forma biológica ao longo da evolução dos grupos envolvia a ação de fenômenos físicos, sendo essas modificações passíveis de descrição em termos de formalismos matemáticos. A metodologia relevante que sintetizasse descrições geométricas com análises estatísticas só foi concebida no final dos anos 80, rompendo um longo período de estagnação, apesar de ser antiga a necessidade da quantificação da variação da forma. Atualmente, os métodos estão sendo desenvolvidos e aprimorados e o campo da morfometria está em período de pleno desenvolvimento conceitual e metodológico (MONTEIRO; REIS, 1999).

Por muito tempo, o termo *morfometria* foi utilizado indiscriminadamente para qualquer estudo que analisasse quantitativamente a variação da morfologia encontrada nos organismos. Essa palavra foi criada com intuito de determinar métodos que servissem para medir a distância de forma entre espécies e, a partir daí, construir diagramas representando estas distâncias, ou fenogramas. A revolução metodológica que ocorreu nesta área durante a década de 80 fez com que aparecesse a necessidade de um embasamento teórico e filosófico, que culminou com a criação de uma área de pesquisa na fronteira entre a biologia, a estatística e a geometria (MONTEIRO; REIS, 1999).

São objetivos comuns em morfometria a análise de assimetria flutuante e a integração morfológica.

As características pares entre os lados de um mesmo indivíduo são, sob condições normais de mecanismos genéticos e ambientais, simétricas. Entretanto, quando expostas a algum tipo de perturbação que influencie seu desenvolvimento, pode ocorrer desenvolvimento diferencial, gerando, assim, assimetrias não-direcionais, que nada mais são que as manifestações de quanto o indivíduo

conseguiu contornar seu desenvolvimento contra condições estressantes tanto ambientais como genéticas (VAN VALEN, 1962).

A integração morfológica relaciona estatisticamente os caracteres que exibem padrões de interdependência ontogenética e funcional (OLSON; MILLER, 1958), possibilitando analisar o desenvolvimento da forma nas diferentes regiões correlacionadas num organismo adulto (CHEVERUD, 1996).

Sendo assim, acredita-se que o estudo craniano dos cães através da morfometria geométrica possa trazer maior conhecimento sobre as variações anatômicas dos crânios braquicefálicos, de forma fiel e detalhista, sendo útil na elucidação da existência de correlação entre as características esqueléticas e as alterações fisiológicas nestes animais. Na prática clínica e cirúrgica estes resultados poderiam auxiliar no diagnóstico de afecções relacionadas à oclusão imprópria e mastigação, desenvolvimento dento-facial desfavorável e alterações na região da articulação temporomandibular.

Pretende-se calcular a assimetria craniana e mandibular como um todo, separando-se as regiões de maior interesse. No crânio, as áreas de interesse são a região rostral, a caixa craniana e o arco zigomático. Na mandíbula, a região rostral, a fossa mandibular e o processo condilar.

É interesse calcular o índice de covariância bem como sua significância entre regiões específicas e de maior correlação entre crânio e mandíbula, dentre elas: 1) contato rostral entre as dentições do crânio e mandíbula; 2) relação fossa mandibular e processo condilar; 3) arco zigomático e processo coronóide; 4) relação entre 4ºPMS e 1ºMI; 5) relação crânio e mandíbula como um todo.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo geral descrever as variações da forma craniana nos grupos de cães braquicefálicos e mesaticefálicos por meio da morfometria geométrica, comparando as diferenças observadas entre esses dois grupos.

Os objetivos específicos são:

1. Descrever a forma dos crânios mesaticefálicos e braquicefálicos, escolhendo para isto os pontos anatômicos que melhor representem as diferenças entre os exemplares estudados;
2. Avaliar a assimetria geral do crânio e da mandíbula dos dois tipos cranianos, bem como das regiões específicas dentro de ambas as estruturas;
3. Quantificar o ajuste de forma entre crânio e mandíbula para os dois grupos, calculando índices de covariação entre sub-regiões de ambas as estruturas envolvidas na função mastigatória;
4. Avaliar se as alterações morfométricas encontradas no grupo dos braquicefálicos em relação ao grupo dos mesaticefálicos podem correlacionar-se com alterações fisiológicas descritas na literatura ou se as variações anatômicas podem sugerir mudanças no comportamento mastigatório destes animais.

2 Revisão de Literatura

---

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ORIGEM DO CÃO DOMÉSTICO

O cão doméstico (*Canis familiaris*) é considerado a espécie de maior variação morfológica entre os mamíferos com o primeiro fóssil datando cerca de 14 mil anos, enquanto a Ordem Carnivora teve origem há cerca de 50 milhões de anos (FLYNN, GALIANO 1982).

Existem pelo menos duas teorias para a grande variabilidade de forma e tamanho entre raças de cães: origem recente com ampla diversidade e origem a partir de misturas de outras raças. Por milhares de anos, os cães vêm acompanhando o homem na sua trajetória, tanto para fins de companhia e proteção como para caça e comércio (VILÀ; MALDONADO; WAYNE, 1999).

Se o cão doméstico teve sua origem a partir de um pequeno grupo de canídeos selvagens, muito da diversidade se deve a mutações que ocorreram a partir da sua origem. Em contrapartida, se a origem se deu a partir de um grande grupo de canídeos selvagens com cruzamentos entre eles através de toda sua história evolutiva, então o afluxo da variação genética a partir da população selvagem pode ser considerado uma razão importante pela qual os cães domésticos são morfológicamente tão diversos (WAYNE, 1993).

Os registros arqueológicos não definem se o cão doméstico surgiu a partir de uma única população de lobos ou se surgiram de várias populações em diferentes tempos. Entretanto, há evidências circunstanciais de que o cão doméstico tenha tido diversas origens. No final do período Pleistoceno, aproximadamente entre um milhão e 806 mil anos atrás, homem e cão selvagem coexistiram ao longo de vasta área geográfica, propiciando grandes oportunidades para a domesticação e uma troca genética contínua entre lobos e cães. A extrema diversidade fenotípica dos cães, mesmo durante os períodos iniciais da domesticação, sugere uma variada herança genética. Conseqüentemente, a diversidade genética dos cães possivelmente se deve a cruzamentos com populações de cães selvagens (VILÀ et al., 1997).

Segundo Vilà, Maldonado e Wayne (1999), estudos sugerem que somente o lobo cinzento, *Canis lupus* é ancestral direto do cão doméstico e quanto mais

distante dele, maiores as distorções encontradas. Dados de genética molecular demonstram a origem do cão a partir dos lobos, com seqüenciamento de DNA similar ou idêntico entre eles.

Os cães domésticos têm sido tratados ao longo de vários séculos como pertencentes a uma espécie própria, *Canis familiaris* (Linnaeus, 1758). Mais recentemente, conforme publicado por Wozencraft (1993), no *Mammal Species of the World*, o cão doméstico vem sendo considerado uma subespécie do *Canis lupus*, denominada *Canis lupus familiaris*, devido a similaridade genética entre ambos.

2.2 VARIAÇÕES CRANIANAS

O sincrânio, conjunto de crânio e mandíbula (GREGORY, 1933), é a parte mais complexa e especializada do esqueleto e está dividido em duas regiões principais, a facial e a neural variando mais em forma e tamanho do que qualquer outra parte do esqueleto do cão (EVANS; MILLER, 1993).

O grupo dos cães mesaticefálicos tem formato craniano intermediário, comportando-se morfologicamente de maneira semelhante às diversas espécies de canídeos silvestres do gênero *Canis*. Nas raças braquicefálicas, o crânio é curto e largo com a mandíbula sobressaindo-se rostralmente à maxila, chamado prognatismo (EVANS; MILLER, 1993).

Nos cães das raças braquicefálicas, esse prognatismo é considerado normal sendo demonstrado pela ausência de rotação de dentes ou espaços interdentais anormais na mandíbula (HARVEY; EMILY, 1993). Segundo Hennet (1995) e Gioso (2007), os cães braquicefálicos são portadores de um prognatismo relativo, pois embora o tamanho de sua mandíbula e maxila seja aceito e desejáveis para a raça, existe uma protrusão “aparente” da mandíbula. O que se encontra, na verdade, é um encurtamento da maxila e não uma mandíbula alongada. É errado referir-se a estas raças como sendo prognatas normais.

As discrepâncias no padrão entre mandíbula e maxila no cão são herdadas e desenvolvem-se separada e independentemente, podendo levar à desarmonia nas características faciais e oclusão dentária, propiciando sérios efeitos na mastigação e preensão, além de perdas dentárias. O crescimento de cada quadrante da maxila e

mandíbula é independente um do outro, podendo haver anormalidades de um lado do crânio que não afetam necessariamente o lado oposto da mesma maneira (HENNET, 1995). Estas discrepâncias são observadas nos cães braquicefálicos, sendo explicadas através da integração morfológica (OLSON; MILLER, 1958).

A formação seletiva das raças muitas vezes resulta em discrepância entre o comprimento do arco dentário superior e inferior. Um exemplo é o *Bulldog* Inglês que apresenta prognatismo relativo da mandíbula e braquignatismo na maxila, resultando em oclusão dentária insatisfatória (STOCKARD, 1941).

Segundo Stockard (1941), a formação craniana dos braquicefálicos é resultante de defeito de crescimento das cartilagens epifisárias basicraniais, precedido por deficiência na matriz cartilaginosa precursora dos ossos basioccipital e basiesfenoidal. A anquilose prematura dessas cartilagens de crescimento (condrodistrofia) leva ao encurtamento do eixo basicranial.

O estudo das características genéticas envolvendo os diversos tipos craniais indica que os fatores reguladores das características mesaticefálicas são, na maioria das vezes, dominantes. Esse resultado foi observado após o cruzamento de cães mesaticefálicos com braquicefálicos, resultado em animais com índices mais próximos dos índices de crânios mesaticefálicos. Entretanto, na segunda geração de animais, verificou-se uma grande variedade de formatos cranianos, com projeção rostral da mandíbula devido ao encurtamento da maxila, propiciando rotações e desalinhamentos dentários. Os genes para mandíbulas mesaticefálicas foram dominantes em todos os híbridos deste cruzamento. Em outro estudo, os fatores genéticos do Boston Terrier foram recessivos quando realizado o cruzamento desta raça com cães da raça Daschund; já o cruzamento de cães da raça Daschund com Pequinês resultou, na segunda geração, num cão com encurtamento maxilar e mandibular, porém com a língua longa, como o Daschund. A partir desses estudos, foi possível concluir que existe uma independência do controle genético na maxila, na mandíbula e também sobre os dentes, sendo que o formato dos dentes é a característica mais estável de todos os outros elementos do crânio avaliados (STOCKARD, 1941).

O quadro 1 mostra a média das medidas em milímetros obtida de uma amostra aleatória dos três tipos cranianos. A partir desses dados é possível observar que a maior variação craniana ocorre na região rostral, com maior índice para os braquicefálicos (STOCKARD, 1941).

	Braquicefálico	Mesaticefálico	Dolicocefálico
Comprimento rostral	48 mm	89 mm	114 mm
Largura rostral	103 mm	99 mm	92mm
Comprimento craniano	99 mm	100 mm	124 mm
Largura craniana	56 mm	56 mm	59 mm
Comprimento de mandíbula	85 mm	134 mm	163 mm
Comprimento de crânio	127 mm	189mm	238 mm
Largura de crânio	103 mm	99 mm	92 mm
$\text{Índices} \left[\frac{\text{largura} \times 100}{\text{comprimento}} \right]$			
Índice crânio	81	52	39
Índice craniano	57	56	48
Índice rostral	215	111	81

Fonte: Modificado de STOCKARD, 1941.

Quadro 1 – Índices e medidas nos três tipos cranianos

Embora as diferenças mais evidentes reveladas pela craniometria estejam localizadas na região rostral do crânio dos braquicefálicos, esses dados não demonstram que exista assimetria expressiva. Entretanto, apesar de a região craniana apresentar variações mínimas no tamanho é freqüente o desenvolvimento assimétrico dessa região (STOCKARD, 1941).

Devido às grandes variações em tamanho e forma do crânio do cão doméstico (EVANS; MILLER, 1993), a morfometria geométrica e a craniometria têm significado importante quando se quer caracterizar raças e cruzamentos específicos.

2.3 OCLUSÃO DENTÁRIA

A oclusão normal no cão é identificada por diversos fatores e tem como referência craniana o tipo mesaticefálico. Na região rostral, os incisivos inferiores

devem ocluir próximo ou no cingulo dos incisivos superiores, formando o tipo de oclusão denominada “em tesoura”. Os caninos inferiores estão posicionados entre o incisivo lateral e canino superiores. As coroas dos pré-molares superiores devem ocluir nos espaços interproximais dos pré-molares inferiores, que devem estar posicionados rostralmente aos superiores. O quarto pré-molar superior e o primeiro molar inferior ocluem “em tesoura”. A cúspide distal do primeiro molar inferior e a cúspide palatina do primeiro molar superior apresentam contato oclusal. Contato oclusal também é observado entre os segundos molares inferior e superior (HARVEY; EMILY, 1993; WIGGS; LOBPRISE, 1997).

As maloclusões são classificadas de acordo com a classificação do Dr. Angle, internacionalmente a mais utilizada na Odontologia. Em Medicina Veterinária, utiliza-se a classificação de Angle modificada, dividida em cinco tipos.

A primeira é a classe 0, ou oclusão normal. Pode ser dividida em tipo I (normal verdadeira), tipo II (normal variante) (Figura 1) ou tipo III (oclusão classe III normal, para raças braquicefálicas) (Figura 2) (WIGGS; LOBPRISE, 1997).

Figura 1 – Sincrânio de cão mesaticefálico da raça Cocker, com oclusão classe 0, tipo II (normal variante). Apresenta intercuspidação entre os pré-molares superiores e inferiores com discreta variação do padrão normal tipo I

A maloclusão tipo I (ou Classe I), é também chamada neutroclusão, com maloclusão envolvendo incisivos, sem alteração na relação do comprimento de mandíbula e maxila. Maloclusão tipo II (ou Classe II), conhecida também por retrognatia, apresenta o arco dentário superior em posição rostral ao arco inferior. Na maloclusão tipo III (ou Classe III), ou prognatismo, o arco dentário superior encontra-se caudal ao arco dentário inferior. O tipo IV caracteriza-se por apresentar mandíbula torcida “wry mouth” (em inglês) (WIGGS; LOBPRISE, 1997).

As raças braquicefálicas apresentam maloclusão tipo III bastante pronunciada de acordo com os padrões de oclusão normal. Entretanto, estes animais devem ser classificados como classe 0, tipo III e não como portadores de maloclusão classe III (WIGGS; LOBPRISE, 1997).

Figura 2 – Sincrânio de cão braquicefálico da raça Boxer, com oclusão classe 0, tipo III, aceitável para a raça. De acordo com a literatura, não podem ser considerados como portadores de maloclusão classe III

2.4 ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR

A articulação temporomandibular (ATM) é formada pelo processo condilar e a fossa mandibular do osso temporal e compreende as regiões dorsal (ou temporal) e ventral (ou mandibular) que se encontram separadas por um fino disco articular (HARVEY; EMILY, 1993; WIGGS; LOBPRISE, 1997). Recobrimdo a articulação

encontra-se a cápsula articular preenchida por líquido sinovial e reforçada por um ligamento lateral. Este ligamento estende-se desde a porção zigomática do osso temporal até a porção proximal do processo condilar, conferindo estabilidade à articulação. O processo retroarticular é uma extensão caudal da fossa mandibular que envolve a processo condilar e previne luxação caudal da articulação (EVANS; MILLER, 1993).

O cão apresenta duas mandíbulas unidas na região rostral pela articulação intermandibular que permite pequenos movimentos independentes de cada mandíbula. Cada lado está dividido em dois ramos, o horizontal e o vertical. O horizontal é composto por um corpo, onde estão inseridos os dentes e a articulação intermandibular. No ramo vertical estão o processo coronóide, o processo condilar e o processo angular (EVANS; MILLER, 1993).

Os lados direito e esquerdo do corpo mandibular são unidos por uma sincondrose mediana, formando a sínfise mandibular (EVANS; MILLER, 1993). Scapino (1965, 1981), estudou a morfologia e a função da sínfise mandibular no cão e em outros carnívoros, descrevendo quatro tipos de sínfises, variando de flexível à fusionada (sinostose). No cão, considerou sendo do tipo flexível, onde moderados movimentos independentes da mandíbula são permitidos.

Nos carnívoros, a ATM está preparada para produzir o máximo de força mastigatória, restringindo os movimentos das mandíbulas no plano horizontal, resultando em movimentos de “dobradiça”, com mínimo movimento de lateralidade. Como consequência, os dentes (principalmente os pré-molares), necessitam estar precisamente arranjados para cortar e destrinchar (EMILY; PENMAN, 1994).

Em estudo realizado por Lindner et al. (1995) sobre força mastigatória utilizando transdutor para as mensurações, em 22 cães mesaticefálicos de diversas raças, observou-se que as menores médias foram encontradas em um West Highland Terrier (20 Newtons) e em dois Golden Retriever (40 e 55 Newtons), enquanto que as maiores médias foram obtidas em dois Rottweiler (622 e 937 Newtons). Entretanto, a forma craniana e a massa muscular mastigatória não foram avaliadas nesse estudo e, baseando-se no que se encontra para a espécie humana, isso poderia influenciar significativamente nos resultados.

Os músculos masseter e temporal são os principais responsáveis por fechar a boca e funcionam em conjunto com a articulação temporomandibular como uma

alavanca, propiciando maior força de mordida nos dentes próximos a estas estruturas (WANG; TEDFORD; ANTÓN 2008).

Variações anatômicas nas estruturas da ATM foram observadas principalmente entre raças diferentes, com algumas variações entre indivíduos dentro da mesma raça. As raças mesaticefálicas e dolicocefálicas apresentam articulação temporomandibular bastante similar, sendo a maior parte das variações observada nos braquicefálicos (DICKIE; SULLIVAN, 2000).

A articulação temporomandibular tem sido pouco estudada na Medicina Veterinária ao longo dos anos. A literatura descreve anatomia e função, mas pouco se sabe sobre a morfologia e qual influência poderia sofrer decorrente dos diferentes tipos cranianos.

2.5 AFECÇÕES CRÂNIO-MANDIBULARES

Os braquicefálicos apresentam as maiores variações estruturais no crescimento da mandíbula e maxila com conseqüências desfavoráveis que incluem problemas na mastigação, na articulação temporomandibular, na formação de cáries, no desenvolvimento de doença periodontal, no desenvolvimento dento-facial, traumatismos de tecidos moles, fraturas dentárias traumáticas e desgaste dental. Os dentes com oclusão imprópria podem não exercer suas funções efetivamente, se é que exercem alguma função (WIGGS; LOBPRISE, 1997).

As afecções que podem acometer a articulação temporomandibular dos cães são os distúrbios de desenvolvimento, displasia e luxação do processo condilar, distúrbios traumáticos ou inflamatórios, neoplasia, síndrome da disfunção dolorosa e alterações morfológicas (GIOSO, 2007).

Os distúrbios de desenvolvimento podem ter origem traumática na fase de crescimento do animal predispondo a distorções ósseas craniofaciais ou exclusivamente do processo condilar (HARVEY; EMILY, 1993).

Outra afecção está relacionada às luxações que, quando não tratadas adequadamente, podem conduzir à hipomobilidade e anquilose da articulação. Associada à luxação pode haver fraturas na mesma região ou em outra porção da mandíbula (GIOSO, 2007).

As neoplasias, tanto benignas como malignas, são raras no processo condilar ou fossa mandibular. Eventualmente, pode haver proliferação de tecidos neoplásicos adjacentes, levando à realização da condilectomia total. Neoplasias em tecidos moles da ATM também são bastante raras (WIGGS; LOBPRISE, 1997).

Os processos degenerativos, na maioria das vezes, são de origem traumática, podendo também estar relacionados a processos inflamatórios primários ou imunológicos (HARVEY; EMILY, 1993).

Outra possível causa de afecção da ATM são as disfunções dolorosas, comum no homem, mas de difícil diagnóstico nos animais. São relatadas como dor sobre a ATM, em um ou mais músculos, na face e nuca, durante a mastigação ou em períodos de estresse (GIOSO, 2007).

As displasias e subluxações da processo condilar ou “travamento com a boca aberta” têm etiologia desconhecida, embora existam suspeitas de sua origem, como aumento da mobilidade da sínfise mentoniana, displasia da fossa mandibular e processo condilar, fossa mandibular rasa com anormal posicionamento do processo retro-articular e forma anormal da processo condilar que causariam frouxidão da articulação (WIGGS; LOBPRISE, 1997).

O termo displasia descreve alterações que afetam as articulações do cão como a coxo-femoral, úmero-rádio-ulnar, escápulo-umeral e a temporomandibular sendo definida como uma anormalidade de desenvolvimento. Dentre as raças acometidas por displasia de ATM podemos citar o Irish Setter, Basset Hound, Boxer, Cocker Spaniel, Golden e o Labrador Retriever. A displasia de ATM na maioria das raças é pouco freqüente (DICKIE; SULLIVAN, 2000).

Os cães podem apresentar travamento com a boca aberta devido à frouxidão da articulação permitindo a movimentação do processo coronóide lateralmente ao arco zigomático. Entretanto, para Dickie e Sullivan (2000) esse deslocamento não foi observado em raças como Boxer, Labrador e Golden Retriever, sendo mais provável apresentarem sinais clínicos devido à osteoartrite.

Em outro estudo, foi sugerido que o braquignatismo superior ou prognatismo mandibular, em cães braquicefálicos poderia ser responsável pelo aumento da mobilidade e frouxidão da sínfise mandibular, contribuindo e predispondo para o desenvolvimento de displasia (HENNET, 1995). Além disso, o processo coronóide nesses animais pode estar em contato íntimo com a proeminência óssea da face caudal da maxila ou com o processo maxilar do osso zigomático durante o

movimento de abrir a boca, resultando em “estalo” ao abrir e fechar a boca e predispondo ao travamento (REITER, 2004).

Robins e Grandage (1977) descreveram o travamento com a boca aberta e a correção cirúrgica em dois Basset Hounds com displasia temporomandibular. Movimentos amplos de abertura da boca podem predispor deslocamento e travamento do processo coronóide lateralmente ao arco zigomático (EVANS; MILLER, 1993).

A causa básica da displasia temporomandibular ainda não foi totalmente esclarecida, podendo ser um problema primário ou estar relacionada com fatores como crescimento rápido em raças condrodistróficas, prognatismo inferior ou frouxidão da sínfise mandibular (DICKIE; SULLIVAN, 2000).

Segundo estudo realizado por Dickie e Sullivan (2002), a raça Cavalier King Charles Spaniels apresenta displasia de ATM assintomática, sugerindo ser uma variação morfológica e não uma anomalia patológica. Por ser braquicefálico e prognata, o desenvolvimento anormal da ATM pode estar relacionado com a condrodistrofia característica da raça. O processo retroarticular é pequeno, espessado e termina bruscamente.

2.6 ASSIMETRIA CRANIANA

A estabilidade geométrica corporal conhecida como simetria é uma notável característica da morfogênese durante o desenvolvimento embrionário. Pode-se considerar como simétrico qualquer organismo que possa ser dividido, ao longo de pelo menos um plano, em duas metades perfeitamente iguais. Caso isso não possa ser feito, dizemos que o organismo é assimétrico. Grande parte dos grupos animais possui a chamada simetria bilateral, na qual o corpo possui apenas um plano de simetria, formando dois lados iguais, o direito e o esquerdo (LEVIN, 1997).

A homeostase do desenvolvimento (HD) é definida como a capacidade do organismo em resistir a distúrbios genéticos e ambientais, durante o seu desenvolvimento, via mecanismos “tamponantes”, para produzir um fenótipo pré-determinado dentro da variação normal de expressão (WADDINGTON, 1942;

LERNER, 1954). Ela é constituída de dois componentes: canalização e estabilidade do desenvolvimento (ED). A canalização é o mecanismo pelo qual a variação do fenótipo é limitada a uma ou poucas formas, sob um conjunto de condições genéticas e ambientais, reduzindo o efeito destas sobre o desenvolvimento. Se a canalização não atuar apropriadamente, o organismo estará suficientemente vulnerável para divergir para uma trajetória diferente da original. A estabilidade do desenvolvimento assegurará, então, esta canalização na ocorrência de “acidentes”, reduzindo a influência de perturbações genéticas ou ambientais sobre o desenvolvimento.

Fatores genéticos e relacionados ao meio ambiente que aumentam essa instabilidade têm sido identificados durante longos anos de pesquisa. Dentre os fatores genéticos, encontram-se os altos níveis de endogamia, homozigose extrema, mutações e períodos de intensa seleção direcional que desequilibram o genoma e diminuem a capacidade do organismo de se proteger contra erros aleatórios. Dentre os inúmeros fatores ambientais estão as variações de temperatura, fontes deficientes de alimento e as poluições química e sonora. O coeficiente de variação é um indicador mais sensível dessa instabilidade podendo demonstrar variações de uma característica entre populações e dentro delas (MOLLER; SWADDLE, 1997).

Quando o organismo não for capaz de tamponar completamente as perturbações durante seu desenvolvimento, podem-se ver sinais de assimetria. Estes sinais que indicam falhas na homeostase do desenvolvimento são chamados de instabilidade do desenvolvimento e podem ser um indicativo de que o organismo tenha passado por uma situação estressante durante seu desenvolvimento (MARKOW 1995).

Existem três tipos de assimetria que podem ser encontradas em populações nas quais são esperadas características simétricas. Duas dessas assimetrias, a direcional e a anti-simetria, não são utilizadas nos estudos de perturbações e estabilidade do desenvolvimento, pois resultam de um desenvolvimento normal do indivíduo e refletem um controle genético na formação desse fenótipo assimétrico (LEARY; ALLENDORFY, 1989).

A assimetria direcional é caracterizada por uma distribuição normal das freqüências dos escores da diferença dos lados direito e esquerdo (D-E) com uma média diferente de zero. Fenotipicamente percebe-se um desvio de simetria

constantemente para um dos lados, portanto, havendo um lado preferencialmente mais desenvolvido (VAN VALEN, 1962).

Fenotipicamente, a anti-simetria ocorre quando uma característica é mais desenvolvida em um lado do que do outro, sendo que numa análise populacional o lado mais desenvolvido varia aleatoriamente. Em certos casos, a assimetria direcional e a anti-simetria podem ser utilizadas como estimadores de HD (MOLLER; SWADDLE, 1997).

A assimetria flutuante é caracterizada por mudanças sutis, aleatórias e não direcionais entre os planos de simetria dos indivíduos durante o desenvolvimento ontogenético dos mesmos. É uma das definições atualmente empregadas para medir a influência negativa de fatores externos sobre o desenvolvimento do fenótipo dos indivíduos. Fenotipicamente temos como estado normal de uma população a presença de simetria bilateral, sendo que apenas alguns indivíduos apresentam algum desvio dessa bilateralidade. A assimetria flutuante foi observada em diversas características de um grande número de organismos (KLINGENBERG, 2005).

Nos estudos realizados por Stockard (1941), os cães braquicefálicos demonstram assimetria craniana com pouca expressividade na região rostral do crânio.

Estas predições serão testadas através da metodologia da morfometria geométrica para análise das variações individuais e assimetria flutuante (BOOKSTEIN, 1991).

2.7 INTEGRAÇÃO MORFOLÓGICA

A integração morfológica refere-se à associação estatística entre caracteres que exibem padrões de interdependência ontogenética e funcional. Esta associação é observável através dos padrões de covariância e correlação entre os caracteres considerados (OLSON; MILLER, 1958). Assim sendo, é possível estabelecer níveis diferentes de integração na composição de morfologias complexas que irão exibir diferentes padrões de correlação no organismo adulto (CHEVERUD, 1996).

A integração ontogenética ocorre devido à interação entre diferentes tecidos durante o desenvolvimento, enquanto a integração funcional ocorre devido à

interação entre elementos morfológicos distintos e seu desempenho funcional em conjunto. Estes dois níveis de integração morfológica são intimamente relacionados, pois a integração funcional no adulto é obtida através da integração ontogenética e a integração ontogenética é resultado dos requerimentos funcionais durante o crescimento, sendo a expressão cronológica da função (CHEVERUD, 1996).

Os quatro tipos de integração morfológica relacionam-se de forma circular (MARROIG; CHEVERUD, 2001), de forma que pressões seletivas podem levar a quebras nos padrões de integração observada e ao subsequente estabelecimento de novos padrões de integração (RAFF, 1996). Assim sendo, a divergência entre linhagens pode ocorrer de acordo com padrões de integração morfológica similares e regimes seletivos diferenciados (MONTEIRO; BONATO; REIS, 2005); da mesma forma, pressões seletivas similares agindo sobre padrões de integração diferentes levarão a respostas diferentes à seleção, e ainda podem haver quebras e reconstruções de padrões de integração diferentes. Dessa forma, a manutenção ou divergência de padrões de integração morfológica é uma questão crucial no entendimento da evolução de morfologias complexas (CHEVERUD, 1996; MARROIG; CHEVERUD, 2001).

A partir do conhecimento prévio acerca da origem embrionária e função dos diferentes elementos do crânio, hipóteses de integração morfológica podem ser construídas e testadas (CHEVERUD, 1996; POLLY, 2005).

2.8 PRINCÍPIOS GERAIS DE MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

A morfometria pode ser definida como os estudos da forma e do tamanho e de como estas duas variáveis se relacionam entre si. A morfometria geométrica se propõe a ser uma metodologia que não somente permite a análise e a quantificação dessas variáveis, mas também a visualização de forma gráfica e clara destas diferenças (MORAES, 2004) (Figura 3).

Figura 3 – Ilustração da forma craniana (superior) de um cão braquicefálico (inferior) quando submetido à morfometria geométrica por meio de pontos anatômicos (escala 10cm)

A morfometria tradicional estuda a variação e a covariação de medidas de distância, sejam estas entre pares de pontos anatomicamente homólogos, ou entre pontos de tangência ou extremos de estruturas. Ou seja, é o estudo de como e quanto estas medidas variam e de como e quanto estão relacionadas entre si. Inicialmente, as primeiras abordagens ao estudo da variação da forma eram feitas através de comparações de várias medidas, uma a uma. Porém notou-se que mesmo várias medidas que descreviam qualquer estrutura não eram suficientes para descrever a forma como um todo, já que os organismos são multidimensionais. Foi desta necessidade que surgiram todos os métodos multivariados usados atualmente, que levam em consideração, simultaneamente, os diferentes níveis de variação e covariação entre as medidas. Devido à crescente facilidade de acesso às

técnicas computacionais, as técnicas multivariadas tradicionais já são amplamente usadas em estudos de ecologia, sistemática e evolução e incluem técnicas bem estabelecidas como Análise de Componentes Principais, Análise de Fatores, Regressões Múltiplas e Análises Discriminantes, entre outras (MORAES, 2004).

O problema dos métodos tradicionais usando distâncias lineares é que geralmente não capturam informação sobre a forma do organismo como um todo, apesar de descreverem o padrão de covariação entre as medidas, inclusive podendo identificar regiões com maior ou menor grau de covariação. Além disso, não levam em consideração o padrão de localização dos pontos no espaço. Muitas vezes estas medidas concentram-se em umas poucas dimensões ou direções, e o número inicial de medidas é reduzido a uma poucas, que concentram a maior parte da variação existente. Geralmente não é possível reconstruir a forma das espécies estudadas após as diferentes análises multivariadas. Ou seja, apesar de evidenciarem que existem diferenças por vezes significativas, não é possível uma representação gráfica da localização destas diferenças que são deduzidas da análise das matrizes geradas pelos métodos multivariados (MORAES, 2004).

Uma nova abordagem morfométrica surgiu a partir do início dos anos 90. Esta nova metodologia, chamada morfometria geométrica, abrange uma série de técnicas que visam descrever e representar a geometria das formas estudadas. Enquanto nas abordagens tradicionais a variação da forma é estudada através da covariação entre pares de medidas lineares, a morfometria geométrica é capaz de descrever e localizar mais claramente as regiões de mudanças na forma e, sobretudo, de reconstruir e reconstruir graficamente estas diferenças. Esta descrição pode ser feita através do estabelecimento de pontos anatômicos de referência em estruturas homólogas, ou ainda através da análise do contorno das estruturas. Nas análises baseadas em pontos de referência, as coordenadas destes pontos, sejam em duas ou três dimensões, são as variáveis que capturam as informações sobre a geometria das estruturas estudadas. A vantagem do uso das coordenadas (em relação às medidas lineares, como as usadas na morfometria tradicional), é que estas incluem informação sobre suas posições relativas, e deste modo permitem a reconstrução da forma após as diversas análises uni e multi-variadas (MARCUS, 1990).

Além disso, a morfometria geométrica permite detectar precisamente a localização das mudanças da forma através do deslocamento de certos pontos em

relação a outros, permitindo a observação das diferenças na forma (MORAES, 2004).

Os pontos anatômicos são obtidos levando-se em consideração a motivação do estudo em questão, como (1) características funcionais; (2) características sistemáticas; (3) características de desenvolvimento ou, de maneira geral, (4) tamanho e forma (ZELDITCH, 2004).

2.8.1 Pontos anatômicos

Os tipos de dados que contêm as maiores informações utilizadas pelos métodos morfométricos são os pontos anatômicos ou *landmarks*, neste caso, a homologia é considerada um mapeamento de pontos, onde o importante é a correspondência relacionando pontos a pontos, e não partes a partes, sendo que um ponto é uma estrutura mais facilmente definida que uma parte estrutural (BOOKSTEIN, 1991; ZELDITCH, 2004).

Os pontos anatômicos estão relacionados às explicações sobre processos biológicos e, quando selecionados e utilizados na morfometria geométrica, podem reproduzir o objeto ou a estrutura estudada (MONTEIRO; REIS, 1999).

Dividem-se em três tipos, segundo a classificação de Bookstein (1991).

TIPO 1 - JUSTAPOSIÇÃO DE TECIDOS: esta categoria inclui pontos no espaço onde três estruturas se encontram como suturas ósseas, ramificações de nervuras em folhas de árvores ou em estruturas dos sistemas nervoso ou arterial.

TIPO 2 - PONTOS DE MÁXIMA CURVATURA OU OUTROS PROCESSOS MORFOGENÉTICOS LOCAIS: apesar de ser mais difícil o reconhecimento da homologia nestes casos, estes pontos apresentam características que podem ser interessantes para explicações como o deslocamento de pontos de inserção de músculos. Inserem-se nessa categoria todos os pontos extremos, como os pontos de maior curvatura ou concavidade.

TIPO 3 - PONTOS EXTREMOS: estão relacionados à qualquer ponto anatômico construído, sejam pontos extremos, pontos ao longo de uma curva ou pontos equidistantes a um plano. São considerados potencialmente deficientes quanto à homologia e, conseqüentemente, quanto ao significado das explicações biológicas decorrentes para a variação da forma. Já foram considerados como não sendo pontos, mas sim pseudo-pontos anatômicos, pela inconsistência de sua definição.

2.8.2 O Espaço da Forma de Kendall

Em morfometria geométrica, a forma é definida como toda a informação invariante aos efeitos de posição, escala e rotação. Na definição de forma de Kendall, a escala é mencionada como um dos efeitos a serem removidos a fim de se extrair as diferenças de forma entre duas configurações. Esta afirmação implica dizer que a escala estabelece uma definição de tamanho que é independente da definição de forma (KENDALL, 1977).

O Espaço da Forma de Kendall é um espaço matemático multidimensional curvo no qual cada forma (existente no mundo real) é representada por um ponto. No espaço da forma de Kendall as distâncias são distâncias geodésicas (chamadas de Distâncias de Procrustes) e não distâncias lineares ou euclidianas. A distância entre dois pontos nesse espaço multidimensional representa o quão distante duas formas estão, ou em outras palavras, quão diferentes estas formas são. Deste modo, as Distâncias de Procrustes são, na prática, uma maneira de medir a diferença entre duas formas. Como todos os métodos estatísticos habituais pressupõem um espaço linear (i.e. distâncias euclidianas), estes não podem ser aplicados às Distâncias de Procrustes. Para isso usa-se uma projeção do Espaço da Forma de Kendall para um espaço euclidiano tradicional (comparável, por exemplo, a uma projeção do globo terrestre em um mapa plano) (MONTEIRO, 1999; ZELDITCH, 2004).

Os pontos no espaço da forma podem ser projetados em um espaço linear, tangente ao espaço da forma, de modo que distâncias lineares entre pares de pontos correspondam a projeções das Distâncias de Procrustes originais. Visto que

a variação de formas biológicas gerais, por maior que seja, ocupa sempre um espaço pequeno no Espaço da Forma de Kendall, as projeções no espaço linear podem ser consideradas boas estimativas das Distâncias de Procrustes. As distâncias no espaço da tangente são boas estimativas da distância de Procrustes para a variação de forma dentro de toda a diversidade de mamíferos (MARCUS; HINGST-ZAHER; ZAHER, 2000).

Como o Espaço da Forma de Kendall é curvo, à medida que as formas se afastam do ponto de tangência entre os dois espaços, a projeção tende a se distorcer. Portanto, o ponto de tangência entre os dois espaços é definido como sendo a média de todas as formas observadas, de modo que esta forma média estivesse o mais eqüidistante de todas as formas estudadas e as variações fossem as menores possíveis. Esta forma média chamada de Configuração de Consenso corresponde à média de todas as formas, tendo sido retiradas as diferenças decorrentes de orientação, posição e tamanho (MONTEIRO; REIS, 1999).

2.8.3 Eliminação do tamanho

Um dos primeiros passos da análise baseada em pontos de referência é a eliminação do efeito do tamanho, padronizando todas as configurações para uma mesma medida geral de tamanho. Assim, as diferenças observadas podem ser mais claramente atribuídas à forma. Esta transformação é feita com uma medida geral multivariada de tamanho, chamada de Tamanho de Centróide, e não em relação a uma única medida, como às vezes é feito usando, por exemplo, índices indicadores de tamanho (ZELDITCH, 2004).

O centróide de uma nuvem de pontos é o ponto cujas coordenadas são as médias das coordenadas dos pontos da nuvem, em suma, um "ponto médio". Assim o Tamanho de Centróide corresponde à raiz quadrada do somatório dos quadrados das distâncias entre cada ponto de referência e o centro de massa, ou centróide. Portanto, quanto maior for a configuração, mais longe estarão os pontos do centróide, e maior o Tamanho de Centróide. Este tamanho constitui um valor único, e é usado para redimensionar todas as configurações. Calcula-se o Tamanho de Centróide de cada indivíduo e estes são igualados (ZELDITCH, 2004).

2.8.4 Configuração da tangente

Para calcular a Configuração de Consenso, é realizada uma Sobreposição Generalizada por Quadrados Mínimos (Generalized Least-Squares Superimposition). As Distâncias de Procrustes são calculadas como a soma dos quadrados das distâncias entre os pontos correspondentes das duas configurações. Estas distâncias constituem como já foi dito, uma medida de proximidade neste espaço e, portanto, similaridade das formas analisadas. Esta sobreposição é feita através do seguinte processo iterativo (repetitivo): uma das formas é escolhida aleatoriamente e todas as demais são rodadas, transladadas e redimensionadas de modo que seus centróides se sobreponham, que seus Tamanhos de Centróide sejam iguais e que as Distâncias de Procrustes entre elas sejam minimizadas (ZELDITCH, 2004).

A média de todas estas configurações é calculada, e o processo de rotação, sobreposição e redimensionamento é repetido, sobrepondo as formas a esta média. Estas etapas são repetidas até que não seja encontrada uma diminuição significativa nas Distâncias de Procrustes entre as configurações. A configuração assim calculada é então chamada de Referência, Configuração Tangente, ou Configuração de Consenso. As demais formas são então comparadas entre si através desta configuração de referência (ROHLF; CORTI, 2000).

Mas como o próprio nome diz, esta forma de referência é somente o ponto de tangência entre os dois espaços, e representa a forma através da qual todas as outras serão comparadas. Como a variação de forma é sempre pequena o suficiente, pode-se também usar uma forma escolhida a priori sem que isto afete significativamente as aproximações no espaço tangente. Isto faz sentido em estudos ontogenéticos, por exemplo, nos quais a configuração de referência pode ser um estágio inicial de crescimento ou estudos filogenéticos, onde a configuração de referência pode ser um representante, ou a média de vários representantes de um grupo externo (ZELDITCH, 2004).

Os pontos são obtidos em um espaço tridimensional e Euclidiano e a posição de um ponto nesse espaço é representada por três coordenadas (X, Y, Z). As Coordenadas Cartesianas não podem ser estudadas diretamente como as distâncias medidas em uma estrutura, pois sua variação sofre influência da posição,

da orientação e tamanho, além da forma dos organismos durante a captura das coordenadas (MONTEIRO; REIS, 1999).

Para que a soma dos quadrados das distâncias entre os pontos correspondentes seja a menor possível, temos que *transladar*, *normalizar* e *rotacionar* os sincrânios.

A *translação* das configurações para um local comum é realizada colocando-se o centróide (ponto médio ou centro de massa) das duas configurações na origem do sistema de eixos. A *normalização* é realizada tomando-se os tamanhos dos centróides de cada configuração de *landmarks* e igualando-os a 1. A *rotação* é a última transformação de similaridade para comparar a forma dos crânios, que removerá os efeitos da orientação nas coordenadas. O objetivo é fazer com que os marcos correspondentes nas duas configurações estejam o mais próximo possível, para isso é preciso minimizar a soma dos quadrados das distâncias entre os pontos, que é dada pela distância de Procrustes ao quadrado (MONTEIRO; REIS, 1999).

As características estatísticas das distâncias de Procrustes possibilitam que ela seja utilizada em delineamentos experimentais para o estudo de assimetria flutuante (BOOKSTEIN, 1991).

2.8.5 Análise de Componentes Principais (PCA)

Ao se examinar as relações entre um conjunto de p variáveis correlacionadas, pode ser útil transformar o conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas, denominadas Componentes Principais. Estas novas variáveis são combinações lineares das variáveis originais e são deduzidas em ordem decrescente de importância, de modo que o primeiro componente principal contém o máximo possível da variância nos dados originais. A chamada análise dos componentes principais é a técnica para encontrar-se esta transformação. Esta técnica é do tipo *variable-directed* e é apropriada para os casos onde não existe uma variável dependente e diversas variáveis independentes, como é o caso em regressão múltipla. O objetivo da análise é sempre verificar se alguns componentes podem “explicar” a maior parte da variação dos dados originais. Se

isto acontece, argumenta-se que a dimensionalidade efetiva do problema é menor do que p , o número original de variáveis (MONTEIRO; REIS, 1999).

É importante enfatizar que, se as variáveis originais já são pouco correlacionadas, então não haverá sentido em fazer uma análise de componentes principais. A análise de componentes principais simplesmente encontrará componentes que são próximos às variáveis originais, mas dispostos em ordem decrescente de variação. Finalmente, é importante ressaltar que a análise dos componentes principais tem sido aplicada como uma técnica matemática que não requer a especificação de um modelo estatístico para explicar a estrutura do “erro”. Não é realizada nenhuma premissa sobre a distribuição de probabilidades da variável original (MONTEIRO; REIS, 1999).

3 Material e Métodos

---

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi submetida e aprovada pela Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, em reunião do dia 27/05/2008, sob o protocolo nº 1370/2008 (pág. 3).

3.1 MATERIAL

O material utilizado neste estudo encontra-se dividido em três partes: composição da amostra, materiais permanentes e materiais de consumo.

3.1.1 Composição da amostra

Para a realização desta pesquisa, foi necessária a obtenção de cadáveres de cães, provenientes do Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (HOVET-USP) e de Hospitais Veterinários particulares do município de São Paulo. A coleta foi realizada mediante a ciência dos proprietários dos animais que vieram a óbito durante atendimento no HOVET-USP ou mediante ofício solicitando a liberação dos cadáveres de animais que seriam descartados para cremação pela Prefeitura Municipal da capital do Estado de São Paulo. Foram obtidos 24 cadáveres braquicefálicos e 30 mesaticefálicos.

Com o intuito de aumentar a amostragem da pesquisa foram utilizados sínclônios secos de cães provenientes do Museu de Anatomia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, num total de 12 braquicefálicos e 23 mesaticefálicos.

O total da amostra foi de 36 sínclônios braquicefálicos e 53 mesaticefálicos de diferentes raças, oriundos dos Hospitais e Museu de Anatomia, totalizando 89 sínclônios.

Os cadáveres foram individualmente identificados através de números seqüenciais, preenchimento de odontograma e mantidos sob congelamento, quando necessário.

Num primeiro momento, foram selecionados cadáveres com raça definida, não levando em consideração o porte e o peso corporal, tampouco o tamanho craniano. Os indivíduos com idade inferior a um ano e os que despertaram dúvidas quanto à pureza da raça, foram descartados. Dentro dos critérios de seleção dos indivíduos, a presença dos dentes caninos superiores e inferiores, quarto pré-molares superiores e primeiros molares inferiores, de ambos os lados, foram imprescindíveis para a coleta dos dados, bem como a presença de todas as estruturas ósseas do sínclânio.

Dentre os sínclânios preparados (identificados por dezenas) e os pertencentes ao Museu de Anatomia da FMVZ-USP (identificados por centenas) foram selecionadas intencionalmente as raças de menor variação de tamanho em cada grupo, utilizando-se o mesmo número de animais nos dois grupos. No total, foram selecionados 26 sínclânios de cada grupo, num total de 52 sínclânios para serem utilizados neste estudo (Quadros 2 e 3).

O sexo dos animais selecionados não foi levado em consideração por não ser objetivo da pesquisa o dimorfismo sexual.

Raça	Identificação	Total de indivíduos por raça
Boxer	1; 2 ; 9; 11; 12; 13; 16; 18; 19; 21; 22; 23; 24; 102; 104; 105; 106; 109	18
Bulldog Inglês	3; 10; 14; 15; 110; 111; 112; 113	8

Quadro 2 – Identificação e número total de indivíduos braquicefálicos selecionados para o estudo morfométrico

Raça	Identificação	Total de indivíduos por raça
Basset Hound	35	1
Beagle	34; 43; 55	3
Cane Corso	58	1
Chow-Chow	45; 54	2
Cocker Spaniel	46; 49	2
Husky Siberiano	36	1
Labrador	30; 32; 50	3
Rottweiler	31; 33; 38; 39; 40; 41; 44; 48; 56; 59	10
Setter Irlandês	47	1
Sharpei	53	1

Quadro 3 – Identificação e número total de indivíduos mesaticefálicos selecionados para o estudo morfométrico

3.1.2 Material permanente

O equipamento utilizado nesta pesquisa foi um braço mecânico articulado, modelo MicroScribe®-3D¹ (Figura 4), pertencente ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, o qual realiza aquisição de dados em 3 dimensões. Esse aparelho deve ser conectado a um computador para registro das informações, sendo necessária a instalação do programa da Immersion®¹ para iniciar os trabalhos e o programa de planilha eletrônica do Excel®².

¹ Immersion Corporation – San Jose - CA, United States of America

² Microsoft Corporation – Redmond – WA, United States of America

Figura 4 – Braço articulado modelo MicroScribe®-3D

O braço articulado possui na sua extremidade uma ponteira digitalizadora por meio da qual as coordenadas foram obtidas (Figura 5).

Figura 5 – Ponteira do braço articulado MicroScribe®-3D

Dois diferentes tipos de suporte foram desenvolvidos para manter os crânios e mandíbulas sobre a tabela milimetrada³ sem que houvesse sua movimentação durante a digitalização. Para a estabilidade das mandíbulas, foi utilizada massa de modelar¹⁰ sobre as hastes do suporte. Para a fixação dos crânios, foram disponibilizados no suporte dois grampos de metal, cada um prendendo em um dos lados dos arcos zigomáticos (Figura 6).

Figura 6 – Suportes desenvolvidos para fixação das mandíbulas e dos crânios durante a digitalização

Também foram utilizados:

- Tabela milimetrada CM-A3, da marca Olfa®³
- Instrumental cirúrgico, da marca Quinelato®⁴, compreendendo pinças anatômicas e dente de rato, pinças Kelly, tesouras, cabos de bisturi, além de potes Dappen e recipientes para maceração
- Sub-som odontológico modelo Sonic Borden, da marca Kavo®⁵
- Equipo odontológico, modelo Unik C, da marca Kavo®⁵

3.1.3 Material de consumo

A relação de materiais de consumo utilizados nesta pesquisa está descrita abaixo.

- Condicionador à base de ácido ortofosfórico 37%, da marca Villevie®⁶
- Resina acrílica autopolimerizável, da marca Jet®⁷
- Peróxido de hidrogênio a 50% (130 volumes), Peroxygen®⁸
- Cola gel e fluida, Super Bonder®⁹
- Massa de modelar¹⁰

3.2 MÉTODOS

As variações da forma do sínclânio dos cães mesaticefálicos e braquicefálicos foram estudadas por meio das técnicas de morfometria geométrica.

³ Olfa Corporation., Higashinari-ku, Osaka, Japão

⁴ Schobell Industrial Ltda., Rio Claro-SP, Brasil

⁵ Kavo do Brasil Ind. e Com. Ltda., Joinville-SC, Brasil

⁶ Dentalville do Brasil Ltda. Joinville-SC, Brasil

⁷ Artigos Odontológicos Clássicos Ltda. Campo Limpo Paulista-SP, Brasil

⁸ Morgan & Associates, Inc. Jamestown-NC, United States of America

⁹ Henkel Ltda. São Paulo-SP, Brasil

¹⁰ Licyn Mercantil Industrial Ltda. São Paulo-SP, Brasil

3.2.1 Preparo das mandíbulas

Esta etapa foi realizada no Laboratório de Odontologia Comparada da FMVZ-USP, pela necessidade de materiais e equipamentos odontológicos.

O cão, diferentemente do homem, apresenta duas mandíbulas unidas por meio de articulação do tipo sincondrose. Durante o preparo das peças pelo método da maceração, essa relação normalmente é perdida separando-se as duas metades. A fim de preservar a posição anatômica e fisiológica de cada animal, utilizou-se bloqueio intermandibular com auxílio de resina acrílica⁷ autopolimerizável antes da maceração das peças.

As cabeças foram descongeladas 24 horas antes de serem utilizadas. Previamente à aplicação da resina acrílica procedeu-se à profilaxia dentária com sub-som odontológico (Sonic Borden® - KAVO⁵) e foi realizado ataque ácido sobre os dentes, com ácido fosfórico⁶ a 36%, para melhor adesão da resina, a qual foi aplicada sobre os dentes caninos e incisivos inferiores e aguardou-se a polimerização do material. Quando não maceradas no mesmo dia, as cabeças foram novamente mantidas sob congelamento.

Após a maceração dos sincrânios, foi possível observar que a aplicação da resina acrílica preservou a relação das mandíbulas contra-laterais (Figura 7).

Figura 7 – Vista rostral de mandíbula de cão braquicefálico após o processo de maceração. Notar a presença da resina acrílica autopolimerizável na região dos dentes caninos e incisivos inferiores unindo as duas mandíbulas (escala 2 cm)

Foram aplicadas cola⁹ gel e fluida entre as mandíbulas e aguardado o período de pelo menos 24 horas para a total secagem do material. A retirada da resina foi realizada com fresa e fórceps odontológicos. A partir desse momento as mandíbulas estavam prontas para serem digitalizadas com o braço articulado, para obtenção das coordenadas cartesianas e análise morfométrica.

3.2.2 Processo de maceração

As dependências do Setor de Anatomia dos Animais Domésticos da FMVZ-USP foram utilizadas para o preparo do material.

As cabeças passaram por processo para retirada de tecidos moles como pele, língua e parte da musculatura utilizando-se material cirúrgico como bisturi, tesoura

ponta romba e pinças. As peças foram colocadas em recipientes com água e cozidas por cerca de três a quatro horas para desprendimento destes tecidos e maior facilidade de sua remoção. As demais estruturas como cérebro, olhos e restante da musculatura foram removidas após o cozimento. Procedeu-se à desarticulação temporomandibular neste mesmo momento.

Assim que foram consideradas com a menor quantidade de tecidos moles possível, foram colocadas em recipientes individuais com água fria para a maceração biológica, deixando-os sob a ação de bactérias por cerca de duas a três semanas. Estes recipientes foram tampados e deixados em local protegido da luz direta do sol e umidade excessiva. Temperaturas altas e umidade adequada propiciaram rápido processo de decomposição da matéria orgânica. Periodicamente estes recipientes eram inspecionados e a água trocada somente em casos onde havia excesso de material orgânico.

Passado esse período, as cabeças foram lavadas em água corrente e submetidas à maceração química misturando-se peróxido de hidrogênio 130 volumes com água, na proporção de 1:1. O material foi imerso individualmente na solução durante 24 horas. Esse processo visou remover o restante de matéria orgânica, odores, além de propiciar clareamento das peças e melhor aspecto visual.

Por fim, os sincrânios foram lavados em água corrente e secados naturalmente. Os dentes foram colados aos seus respectivos alvéolos com cola gel, quando necessário.

3.2.3 Seleção dos pontos anatômicos

Os pontos anatômicos foram selecionados de acordo com as regiões morfológicas de interesse nos dois tipos de sincrânios e de maneira a trazer o máximo de informações sobre a forma craniana. Preferencialmente utilizaram-se os pontos de tipos 1 e 2, segundo a classificação de Bookstein (1991) (Figuras 8 e 9).

No total, foram selecionados 57 pontos anatômicos para o sincrânio, divididos em 38 para o crânio e 19 para a mandíbula. Esses pontos foram distribuídos de maneira a cobrir, de forma abrangente, o plano sagital, dorsal e ventral assim como os lados direito e esquerdo do sincrânio. Nos animais adultos, a fusão dos ossos

algumas vezes dificultou a localização das suturas, utilizando-se crânios de animais mais jovens para guiar a localização dos pontos nos animais adultos (MARCUS et al. 2000).

Alguns pontos anatômicos (ou *landmarks*, em inglês) são conhecidos e foram descritos por Stockard (1941), como o *inion* (ponto central na protuberância occipital externa), *bregma* (junção, no plano sagital, das suturas fronto-parietais direita e esquerda), *nasion* (junção, no plano sagital, das suturas naso-frontais direita e esquerda), *prosthion* (final da sutura inter-incisiva, localizada entre as raízes dos incisivos centrais) e *basion* (ponto médio na margem ventral do forame magno) e serviram de base para a seleção dos demais pontos anatômicos.

A identificação dos pontos encontra-se nos quadros 4, 5 e 6.

Descrição dos pontos anatômicos do crânio sagital de cães braquicefálicos e mesaticefálicos	
Crânio (plano sagital)	
1-	Sutura interincisiva (extremidade rostral da pré-maxila)
2-	Extremidade rostral da sutura entre os ossos nasais
3-	Nasion (junção das suturas naso-frontais direita e esquerda)
4-	Bregma (sutura fronto-parietal)
5-	Inion (ponto central na protuberância occipital externa)
6-	Basion (ponto médio na margem ventral do forame magno)
7-	Extremidade caudal do osso palatino
8-	Sutura palato-maxilar

Fonte: Modificado de STOCKARD, 1941

Quadro 4 – Descrição dos pontos anatômicos sagitais do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos

Figura 8 – Seleção dos pontos anatômicos para o crânio, indicados por números

mesaticefálicos
Crânio (lados direito e esquerdo)
9- Extremidade lateral rostral do osso nasal
10- Ponto mesial do alvéolo do C1
11- Cúspide do C1
12- Ponto distal do alvéolo do C1
13- Ponto mesial do alvéolo do P4
14- Cúspide maior do P4
15- Ponto distal do alvéolo do P4
16- Borda alveolar distal ao M2
17- Extremidade inferior da sutura zigomático-maxilar
18- Ponto ventral da órbita
19- Limite ventral do osso lacrimal
20- Ponto mais dorsal da órbita
21- Extremidade lateral do processo zigomático do osso frontal
22- Sutura esfenoidal-parietal-esquamosal
23- Sutura occipital-parietal-esquamosal
24- Extremidade do processo frontal do osso zigomático
25- Encontro ventral do processo frontal do osso zigomático com o processo zigomático do osso temporal
26- Ponto lateral caudal da fossa mandibular
27- Ponto médio lateral da fossa mandibular
28- Ponto rostral lateral da fossa mandibular
29- Ponto rostral medial da fossa mandibular
30- Ponto médio medial da fossa mandibular
31- Ponto caudal medial da fossa mandibular
32- Extremidade do processo retroarticular
33- Extremidade rostral da bula timpânica
34- Extremidade medial da bula timpânica
35- Extremidade caudal da bula timpânica
36- Extremidade caudal do côndilo occipital
37- Extremidade dorsal do côndilo occipital
38- Extremidade ventral do côndilo occipital

C1 (canino); P4 (4^o pré-molar); M2 (2^o molar)

Fonte: Modificado de Nomina Anatômica Veterinária, 2005

Quadro 5 - Descrição dos pontos anatômicos dos lados direito e esquerdo do crânio de cães braquicefálicos e mesaticefálicos

Figura 9 – Seleção dos pontos anatômicos para a mandíbula, indicados por números

---

 Descrição dos pontos anatômicos da mandíbula de cães braquicefálicos e mesaticefálicos

---

Mandíbula (lados direito e esquerdo)	
1-	Sutura intermandibular rostral
2-	Sutura intermandibular caudal
3-	Extremidade caudal do processo angular
4-	Máxima concavidade entre o processo angular e o processo condilar
5-	Extremidade caudal e central do processo condilar
6-	Extremidade medial do processo condilar
7-	Extremidade lateral do processo condilar
8-	Ponto mais ventral da concavidade entre o processo condilar e o processo coronóide
9-	Extremidade caudal do processo coronóide
10-	Ápice do processo coronóide
11-	Inflexão no encontro entre as cristas coronóide e massetérica
12-	Borda alveolar distal ao M3
13-	Borda alveolar distal do M1
14-	Cúspide mais alta do M1
15-	Borda alveolar mesial do M1
16-	Borda alveolar distal do C1
17-	Cúspide C1
18-	Borda alveolar mesial do C1
19-	Ponto ventro-caudal do forame mandibular

M3 (3^o molar); M1 (1^o molar); C1 (canino)

Fonte: Modificado de Nomina Anatômica Veterinária, 2005

Quadro 6 – Descrição dos pontos anatômicos da mandíbula

Os sínclônios foram orientados no espaço através de coordenadas cartesianas (x, y, z) utilizando-se tabela milimetrada³ para marcar os planos e marcador manual para gerar as informações, que foram automaticamente transferidas para uma planilha, no programa Excel®² (Figura 10).

Durante a digitalização, as coordenadas foram obtidas seguindo-se uma sequência pré-determinada na ordem a seguir: plano sagital e lado direito; plano sagital e lado esquerdo. A digitalização da mandíbula seguiu a mesma ordem dos lados direito e esquerdo.

Figura 10 – Digitalização de pontos da mandíbula com braço articulado MicroScribe®-3D¹, conectado ao computador, sobre a tabela milimetrada.

3.2.4 Repetibilidade

Antes de se iniciar as digitalizações dos sincrânios a repetibilidade foi testada utilizando-se o teste ANOVA sobre cada coordenada, tendo a identificação individual como fator. Cada sincrânio foi digitalizado três vezes, totalizando 32 componentes para crânio e 38 para mandíbula. A partir deste momento, todos os sincrânios passaram a ser digitalizados uma única vez.

3.2.5 Divisão e subdivisão do sincrânio

O sincrânio foi dividido em crânio e mandíbula e subdividido em sete regiões específicas de maior interesse, descritas no quadro 7.

Nome da região	Estrutura	Cod.	Pontos anatômicos correspondentes
Crânio todo	Crânio	Sk	Todos
Mandíbula toda	Mandíbula	Md	Todos
Contato da dentição	Crânio	Xs	1,2,3,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17
Contato da dentição	Mandíbula	Xi	1,2,11,12,13,14,15,16,17,18,19
Caixa craniana	Crânio	Bx	4,5,6,21,22,23,33,34,35,36,37,38
Arco zigomático	Crânio	Zg	17,24,25,26,27,28
Processo coronóide	Mandíbula	Co	7,8,9,10,11,12
Processo condilar	Mandíbula	Cm	5,6,7,8
Fossa mandibular/Processo retroarticular	Crânio	Fg	26,27,28,29,30,31,32

Sk (crânio todo); Md (mandíbula toda); Xs (contato da dentição com o crânio); Xi (contato da dentição com a mandíbula); Bx (Caixa craniana); Zg (arco zigomático); Co (processo coronóide); Cm (processo condilar); Fg (fossa mandibular/processo retroarticular)

Quadro 7 – Identificação das regiões de interesse no sincrânio

A assimetria e o índice de ajuste (análise de covariância) do sincrânio foram calculados baseando-se nas regiões descritas no quadro 7, onde, além do sincrânio como um todo, foram analisadas as regiões em que se supõe estarem as maiores variações entre os dois tipos cranianos.

3.2.6 Cálculo da assimetria para o sincrânio

Para Klingenberg e Monteiro (2005) a assimetria deve ser calculada alinhando-se ambos os lados de todos os indivíduos da amostra. As diferenças encontradas (lados direito e esquerdo) devem ser consideradas de forma que o resultado seja uma matriz com todas as diferenças em cada coordenada para todos os indivíduos analisados. Em seguida, aplica-se a análise de componente principal (PCA) sobre essa matriz, calculando-se a raiz quadrada do somatório dos escores de cada indivíduo em cada componente principal (PC).

Assim sendo, apenas a assimetria flutuante é considerada, ou seja, o desvio da assimetria de cada indivíduo em relação à média de assimetria para todos os indivíduos. A assimetria resume-se a um único valor por indivíduo, sendo analisada de forma uni-variada. Sabendo-se que $nA = dA + fA$ (a assimetria total de um indivíduo é igual a média da assimetria para todos os indivíduos analisados mais o

seu desvio individual), apenas fA foi considerada, aplicando-se ANOVA com os escores de fA a fim de verificar possíveis diferenças significativas entre os dois grupos.

3.2.7 Cálculo do índice de covariância

Para calcular o índice de covariância é preciso isolar as duas regiões de interesse e alinhar cada uma separadamente através de GPA (*Generalized Procrustes Analysis*), regredindo as variáveis da forma sobre o tamanho e usando-se, então, os resíduos. A matriz de correlação é calculada entre as duas regiões para cada um dos grupos extraíndo-se auto-valores dessas duas matrizes, através de decomposição de valor singular. A somatória dos quadrados dos auto-valores dividido pelo produto do número de variáveis originais nas duas regiões dá um índice de covariância global entre as mesmas. Assim sendo, pode-se avaliar a diferença na covariação entre os dois grupos para as regiões isoladas calculando a diferença entre os dois índices (ZELDITCH, 2004).

De acordo com Rohlf e Corti (2000), a avaliação de covariância, integração e ajuste entre regiões deve ser realizada por meio do teste *Two-Block Partial Least Squares* (2B-PLS). A análise de 2B-PLS tenta construir eixos que maximizam a covariância/correlação entre as duas regiões de interesse.

Para testar a significância do índice de covariância, uma série de simulações foi realizada. A distinção entre os dois grupos foi randomizada, ou seja, a cada simulação, os indivíduos foram trocados de grupo; e a matriz de correlação novamente calculada entre as duas regiões para cada um dos grupos extraíndo-se os auto-valores dessas duas matrizes, através de decomposição de valor singular. A somatória dos quadrados dos auto-valores dividido pelo produto do número de variáveis originais nas duas regiões fornece um índice de covariância global entre as duas regiões. Assim sendo, a diferença na covariação entre os dois grupos para as duas regiões isoladas foi avaliada calculando-se a diferença entre os dois índices. Este procedimento foi repetido 1000 vezes, aleatorizando os indivíduos pertencentes aos dois grupos.

3.2.8 Programas e testes utilizados para as análises

O programa utilizado para a análise estatística dos dados foi o pacote estatístico de código aberto R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

Para a visualização e construção dos modelos em 3D foi utilizado o programa Morpheus (SLICE, 2007).

Para a avaliação da repetibilidade, foi aplicado um teste paramétrico para análise de variância (ANOVA). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$ e intervalo de confiança de 95%. Para a avaliação quantitativa da forma craniana, foram aplicadas ANOVA e Análise de Componentes Principais (PCA) e para a Integração Morfológica, o teste *Two-Block Partial Least Squares* (2B-PLS).

4 Resultados

---

4 RESULTADOS

Os resultados encontram-se descritos (Gráficos 1 a 6 e Tabelas 1 a 4), com as respectivas análises estatísticas.

Cada coordenada, de cada marco anatômico, foi submetida ao teste da repetibilidade utilizando-se ANOVA. Os resultados estão descritos nas Tabelas 8 e 9. Os valores variaram entre 94 e 100%. Com esses resultados, cada sínclino passou a ser digitalizado uma única vez durante este experimento.

Tabela 1 – Valores encontrados para a repetibilidade das coordenadas do crânio

Crânio											
Landmark		Repetibilidade	Landmark		Repetibilidade	Landmark		Repetibilidade	Landmark		Repetibilidade
1	X	0.9969	11	X	0.9875	21	X	0.9938	30	X	0.9947
	Y	0.9996		Y	0.9991		Y	0.9942		Y	0.9823
	Z	0.9973		Z	0.9984		Z	0.9976		Z	0.9962
2	X	0.9968	12	X	0.9546	22	X	0.9948	31	X	0.9938
	Y	0.9992		Y	0.9990		Y	0.9864		Y	0.9478
	Z	0.9465		Z	0.9886		Z	0.9558		Z	0.9940
3	X	0.9969	13	X	0.9650	23	X	0.9894	32	X	0.9876
	Y	0.9968		Y	0.9890		Y	0.9809		Y	0.9886
	Z	0.9857		Z	0.9768		Z	0.9828		Z	0.9958
4	X	0.9949	14	X	0.9965	24	X	0.9974	33	X	0.9886
	Y	0.9951		Y	0.9963		Y	0.9832		Y	0.9792
	Z	0.9997		Z	0.9975		Z	0.9971		Z	0.9895
5	X	0.9934	15	X	0.9963	25	X	0.9975	34	X	0.9945
	Y	0.9939		Y	0.9931		Y	0.9153		Y	0.9871
	Z	0.9854		Z	0.9836		Z	0.9934		Z	0.9865
6	X	0.9926	16	X	0.9745	26	X	0.9961	35	X	0.9909
	Y	0.9957		Y	0.9916		Y	0.9309		Y	0.9514
	Z	0.9631		Z	0.9905		Z	0.9980		Z	0.9757
7	X	0.9944	17	X	0.9977	27	X	0.9984	36	X	0.9924
	Y	0.9926		Y	0.9843		Y	0.8731		Y	0.9892
	Z	0.9938		Z	0.9869		Z	0.9960		Z	0.9517
8	X	0.9938	18	X	0.9968	28	X	0.9979	37	X	0.9939
	Y	0.9879		Y	0.9935		Y	0.9341		Y	0.9753
	Z	0.9940		Z	0.9974		Z	0.9974		Z	0.9624
9	X	0.9957	19	X	0.9907	29	X	0.9932	38	X	0.9914
	Y	0.9995		Y	0.9981		Y	0.9832		Y	0.9764
	Z	0.9906		Z	0.9935		Z	0.9985		Z	0.9624
10	X	0.9673	20	X	0.9977						
	Y	0.9994		Y	0.9973						
	Z	0.9962		Z	0.9937						

1. Sutura interincisiva; 2.Extremidade rostral da sutura entre os ossos nasais; 3.Nasion; 4.Bregma; 5.Inion; 6.Basion; 7. Extremidade caudal do osso palatino; 8.Sutura palato-maxilar; 9.Extremidade lateral rostral do osso nasal; 10.Ponto mesial do alvéolo do dente canino; 11.Cúspide do dente canino; 12.Ponto distal do alvéolo do dente canino; 13.Ponto mesial do alvéolo do dente P4; 14.Cúspide maior do dente P4; 15.Ponto distal do alvéolo do dente P4; 16.Borda alveolar distal ao dente M2; 17. Extremidade inferior da sutura zigomático-maxilar;18. Ponto ventral da órbita; 19.Limite ventral do osso lacrimal; 20.Ponto mais dorsal da órbita; 21.Extremidade lateral do processo zigomático do osso frontal; 22.Sutura esfenoideal-parietal-esquamosal ; 23.Sutura occipital-parietal-esquamosal ; 24.Extremidade do processo frontal do osso zigomático; 25.Encontro ventral do processo frontal do osso zigomático com o processo zigomático do osso temporal; 26.Ponto lateral caudal da fossa mandibular; 27.Ponto médio lateral da fossa mandibular; 28.Ponto rostral lateral da fossa mandibular; 29.Ponto rostral medial da fossa mandibular; 30.Ponto médio medial da fossa mandibular; 31.Ponto caudal medial da fossa mandibular; 32.Extremidade do processo retroarticular; 33. Extremidade rostral da bula timpânica; 34. Extremidade medial da bula timpânica; 35. Extremidade caudal da bula timpânica; 36. Extremidade caudal do côndilo occipital; 37. Extremidade dorsal do côndilo occipital; 38. Extremidade ventral do côndilo occipital

Tabela 2 – Valores encontrados para a repetibilidade das coordenadas da mandíbula

Mandíbula											
Landmark			Repetibilidade			Landmark			Repetibilidade		
1	X	0.9907	6	X	0.9939	11	X	0.9934	16	X	0.9824
	Y	0.9914		Y	0.9971		Y	0.9973		Y	0.8353
	Z	0.9920		Z	0.9734		Z	0.9850		Z	0.9844
2	X	0.9497	7	X	0.9743	12	X	0.9974	17	X	0.9968
	Y	0.9853		Y	0.9837		Y	0.9949		Y	0.9844
	Z	0.9800		Z	0.9871		Z	0.9982		Z	0.9956
3	X	0.9866	8	X	0.9863	13	X	0.9867	18	X	0.9750
	Y	0.9823		Y	0.9510		Y	0.9793		Y	0.9770
	Z	0.9860		Z	0.9449		Z	0.9951		Z	0.9835
4	X	0.9772	9	X	0.9971	14	X	0.9748	19	X	0.9866
	Y	0.9745		Y	0.9718		Y	0.9894		Y	0.9641
	Z	0.9645		Z	0.9938		Z	0.9992		Z	0.9642
5	X	0.9858	10	X	0.9910	15	X	0.9634			
	Y	0.9747		Y	0.9932		Y	0.9887			
	Z	0.9165		Z	0.9976		Z	0.9940			

1.Sutura intermandibular dorsal; 2.Sutura intermandibular ventral; 3.Extremidade caudal do processo angular; 4.Máxima concavidade entre o processo angular e o processo condilar; 5.Ponto mais caudal e central da processo condilar; 6.Extremidade medial da processo condilar; 7.Extremidade lateral da processo condilar; 8.Ponto mais ventral da concavidade entre a processo condilar e o processo coronóide; 9.Extremidade posterior do processo coronóide; 10.Ápice do processo coronóide; 11.Inflexão no encontro entre as cristas coronóide e massetérica; 12.Final da série molar (distal ao último molar); 13.Ponto posterior do alvéolo do dente M1; 14.Cúspide mais alta do dente M1; 15.Ponto anterior do alvéolo do dente M1; 16.Ponto posterior do alvéolo do dente canino; 17.Cúspide do dente canino; 18.Ponto anterior do alvéolo do canino; 19.Ponto ventro-caudal do forame mandibular

Para a assimetria de cada uma das regiões específicas consideradas no quadro 7 foi aplicado o teste paramétrico para análise de variância (ANOVA), num total de nove diferentes testes. O resultado encontra-se na tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Resultados da assimetria encontrada nos dois tipos cranianos

Cod.	R²	F-value	DF1	DF2	Sig
Sk	0.2420	17.2800	1	2	0.0001
Md	0.0285	2.4960	1	2	0.1205
Xs	0.2539	18.3500	1	2	0.0001
Xi	0.1223	8.1080	1	2	0.0064
Bx	0.0201	2.0440	1	2	0.1590
Fg	0.0333	2.7550	1	2	0.1032
Cm	-0.0198	0.0091	1	2	0.9245
Zg	0.0202	2.0490	1	2	0.1585
Co	-0.0197	0.0131	1	2	0.9093

Cod.=código; R²=porcentagem de variação; F-value=resultado de uma ANOVA; DF1= diferença1; DF2= diferença 2; Sig.=significância
 Sk=crânio todo; Md=mandíbula toda; Xs=contato da dentição com o crânio; Xi=contato da dentição com a mandíbula; Bx=caixa craniana; Fg=fossa mandibular; Cm=processo condilar; Zg=arco zigomático; Co=processo coronóide

Os resultados da tabela 3 descrevem que os braquicefálicos possuem o crânio mais assimétrico, concentrando-se principalmente na região rostral. No que se refere à mandíbula, entretanto, não existem diferenças significativas entre os dois grupos quando a mandíbula é considerada como um todo. Porém, quando se analisa a região rostral da mandíbula isoladamente os braquicefálicos possuem uma assimetria significativamente maior em relação aos mesaticefálicos, indicando assimetria maior nos braquicefálicos em duas regiões que participam conjuntamente da mastigação.

Nos gráficos 1 e 2 o Componente Principal 1(PC1) representa a distinção de forma entre braquicefálicos e mesaticefálicos de forma inquestionável. As formas características de ambos os grupos são representadas pelos modelos associados ao Componente Principal 1(PC1). Quanto ao crânio, encontramos valores positivos no Componente Principal 1(PC1) (que resume 63.9% da variação total observada) que

representam os mesaticefálicos, enquanto os valores negativos representam os braquicefálicos. A relação oposta pode ser observada no Componente Principal 1(PC1) na forma mandibular (que resume 52.1% da variação total observada): valores negativos representam os mesaticefálicos e valores positivos representam os braquicefálicos.

Gráfico 1 – Análise de Componentes Principais (PCA) para o crânio, com valores positivos representando os mesaticefálicos e os valores negativos, os braquicefálicos

Gráfico 2 – Análise de Componentes Principais (PCA) para a forma mandibular, com valores negativos representando os mesaticefálicos e valores positivos, os braquicefálicos.

Ao se calcular o índice de covariância, para as regiões de interesse (Tabela 4), foi construída uma distribuição de valores de diferença, a partir da qual foram comparados os valores reais com os valores esperados. Quando menos de 5% dos valores foram maiores que o valor real, a diferença foi considerada significativa (Gráficos 3 e 4).

Tabela 4 - Avaliação do Índice de Covariância por meio de *Two-Block Partial Least Squares* (2B-PLS)

1	2	Dif.	Sig.
Xs	Xi	0.0626	0.0028
Fg	Cm	0.0154	0.1284
Zg	Co	-0.0045	0.6340
P4	M1	0.1136	0.0379
Sk	Md	0.0994	0.0043

Dif.=diferença; Sig.=significância

Xs=contato da dentição com o crânio;

Xi=contato da dentição com a mandíbula;

Fg=fossa mandibular; Cm=processo

condilar; Zg=arco zigomático; Co=processo

coronóide; P4=4^a PMS; M1=1^a MI;

Sk=crânio todo; Md=mandíbula toda

Gráfico 3 - Simulação para as regiões X_s/X_i , com o valor real indicado, onde se pode notar diferença significativa ($p=0.0028$) nas regiões de contato da dentição, tanto em crânio como em mandíbula

Gráfico 4 - Simulação para as regiões Sk/Md (total), com o valor real indicado, onde se pode notar diferença significativa ($p=0.0043$) ao se considerar o índice de covariância entre crânio e mandíbula

O gráfico 5 mostra a redução da covariância entre as regiões Xs e Xi que se observa nos braquicefálicos (e que se sabe ser significativa) e é representada por polígonos que, ao redor dos braquicefálicos é mais amplo que o polígono ao redor dos mesaticefálicos.

Gráfico 5 – Representação da redução da covariância entre as regiões Xs e Xi, nos braquicefálicos, onde se percebe maior variação na largura do polígono B em relação ao grupo M, ou seja, maior variação na região rostral do sínocrânio

O gráfico 6 mostra a relação do primeiro par de variáveis para o PLS (*Two-Block Partial Least Squares*) com todos os pontos, ou seja, para todo o crânio e toda a mandíbula. Não há grande diferença na largura do polígono do grupo B em relação ao grupo M. Isso representa o fato de que a diferença na covariação não é tão grande assim no caso do PLS (*Two-Block Partial Least Squares*) total, apesar desta diferença ser significativa.

Gráfico 6 – Relação do primeiro par de variáveis para o PLS (*Two-Block Partial Least Squares*) com todos os pontos, onde se percebe que não há grande diferença na largura do polígono B em relação ao grupo M. Ou seja, a diferença na covariação não é tão grande no caso do PLS total, apesar de ser significativa

Após o preparo das mandíbulas foi possível observar diferença na região de sínfise mandibular (Figura 11): os braquicefálicos (Figura 11B) apresentaram maior abertura entre as mandíbulas contralaterais, ou seja, encontraram-se mais separadas uma da outra.

Figura 11 – Mandíbula de cão mesaticefálico (A) e braquicefálico (B), após o processo de maceração. A abertura existente entre as mandíbulas contra-laterais na região da articulação intermandibular (setas) é mais evidente nos braquicefálicos (B)

Após a retirada da resina acrílica da mandíbula de um exemplar braquicefálico foi possível observar, macroscopicamente, a assimetria presente entre as mandíbulas contralaterais (Figura 12).

Figura 12 - Vista rostral de mandíbula de cão braquicefálico após o processo de maceração. É possível observar a assimetria na região da articulação intermandibular

Foram observadas diversas variações na oclusão dos sínclônios de cães braquicefálicos (Figuras 13 e 14).

Figura 13 – Sínclônio de cão braquicefálico (Bulldog Inglês). Observar a relação oclusal anormal entre o 4º PM superior e o 1º M inferior. Encurtamento significativo da maxila, com mal posicionamento e ausência de pré-molares superiores

Figura 14 – Sínclônio de cão braquicefálico (Boxer). Observar a relação oclusal insatisfatória entre o 4º PM superior e o 1º M inferior. Giroversão do 3º PM superior. Ausência do 1º PM inferior

Os resultados encontrados neste trabalho levam a crer que as diferenças encontradas nos braquicefálicos estão concentradas na região rostral do sincrânio, não havendo assimetria e redução da covariância nas demais regiões analisadas. Supõe-se que estas diferenças poderiam influenciar indiretamente as regiões que participam conjuntamente na mastigação, levando a alterações funcionais em longo prazo.

O presente trabalho foi o início dos estudos envolvendo a morfometria geométrica em crânio de cães e mostrou-se eficaz quando estudos envolvendo a formas das estruturas são avaliados.

5 Discussão

5 DISCUSSÃO

A ampla diversidade de raças encontradas nos cães domésticos, as diferenças entre tamanho e conformação cranianas e suas possíveis correlações com alterações estruturais e funcionais (STOCKARD, 1941; WAYNE, 1986; VILÀ; MALDONADO; WAYNE, 1999) serviram de base para este estudo. A pouca literatura disponível sobre o assunto na Medicina Veterinária despertou interesse em utilizar modelos matemáticos e métodos estatísticos para a quantificação dos fatos observados.

Embora a origem do cão doméstico não esteja ainda bem definida (WAYNE, 1993), estudos de genética molecular demonstram sua relação de ancestralidade com o *Canis lupus* (VILÀ; MALDONADO; WAYNE, 1999) e sugerem que, quanto mais distante desta origem, maiores são as distorções encontradas. O grupo dos mesaticefálicos comporta-se semelhante ao seu ancestral selvagem, enquanto que as diferenças de forma craniana dos braquicefálicos demonstram a participação do homem no processo de seleção das raças, conforme descrito por Wayne (1986).

Neste estudo, a quantificação da variação das formas cranianas foi realizada por meio de técnicas de morfometria geométrica sendo, de acordo com a literatura, a maneira mais adequada para a realização destas mensurações, permitindo a representação e comparação dessas formas (MONTEIRO; REIS, 1999). A quantificação conseguiu colocar de maneira mais precisa onde e como ocorrem problemas de assimetria e ajuste oclusal no sínocrânio dos dois tipos cranianos avaliados. A geometria tradicional, embora bastante utilizada, não é a melhor maneira de se obter informações sobre a forma de um organismo, pois, através de distâncias lineares, é possível obter evidências de diferenças significativas, mas não representação gráfica da localização destas diferenças. Geralmente não se consegue reconstruir a forma das espécies estudadas após as diferentes análises multivariadas. Por esse motivo, a morfometria geométrica foi escolhida, por ser a melhor metodologia para descrever, representar e localizar as regiões de mudanças na forma, reconstruindo graficamente estas diferenças (MORAES, 2004).

Para a morfometria geométrica dos sínocrânios no presente estudo, foram utilizados pontos anatômicos, selecionando-se os locais de interesse a fim de reconstruir graficamente as diferenças na forma dos dois tipos cranianos. Esses

pontos são dos tipos 1 e 2, segundo a classificação de Bookstein (1991), e facilmente reproduzíveis em outros trabalhos experimentais. Assim que os pontos foram selecionados, iniciou-se a digitalização com o braço articulado MicroScribe®. A repetibilidade foi testada digitalizando-se três vezes cada sínclino para a padronização do operador até que percentuais acima de 94% fossem alcançados, passando-se a digitalizar cada sínclino uma única vez (MARCUS; HINGST-HAHER; ZAHER, 2000).

As informações foram analisadas estatisticamente com o Programa R para as análises e o Morpheus para a representação gráfica, mostrando-se apropriados de acordo com a literatura.

Dentre os dois tipos cranianos utilizados neste estudo, os braquicefálicos se sobressaem quando comparados aos mesaticefálicos, com forma craniana anormal e desarmonia estrutural, no que se refere ao sínclino como um todo ou quando determinadas regiões são analisadas separadamente, assim como descrito por Stockard (1941).

Alguns autores referem a protrusão encontrada na mandíbula dos braquicefálicos em relação à maxila como “prognatismo” (STOCKARD, 1941; EVANS; MILLER, 1993). Segundo Hennet (1995) e Gioso (2007) e conforme observado neste estudo, os braquicefálicos apresentam prognatismo relativo, pois a maxila encontra-se encurtada e não a mandíbula alongada, podendo sugerir desarmonias nas características faciais e de oclusão dentária (HARVEY; EMILY, 1993). Embora estas características sejam consideradas normais para estas raças e observadas em todos os 26 animais desta amostra, não foram encontrados estudos em cães que quantificassem e avaliassem as possíveis consequências destas alterações.

Segundo Wiggs e Lobprise (1997), os cães braquicefálicos, por apresentar maiores variações estruturais no crescimento da mandíbula e maxila, poderiam estar mais predispostos a problemas envolvendo a mastigação, articulação temporomandibular, desenvolvimento dento-facial, oclusão imprópria, entre outros. Além das diversas afecções que podem afetar a ATM do cão, como displasia, distúrbio traumático, luxação, processo inflamatório e síndrome da disfunção dolorosa, há também as alterações morfológicas (GIOSO, 2007). A relação entre a

morfologia da ATM e a forma craniana do cão doméstico e suas possíveis alterações despertou o interesse para esta pesquisa.

De acordo com estudos realizados por Dickie e Sullivan (2000), o tipo craniano e seu efeito na anatomia da articulação temporomandibular não estão claramente definidos, sugerindo que estudos quantitativos seriam necessários para esclarecer essas hipóteses. No presente estudo foi realizada análise quantitativa de ambas as formas cranianas, descrevendo-se quais são e onde estão localizadas estas diferenças.

Sabendo-se que o cão apresenta duas mandíbulas unidas na região rostral pela articulação intermandibular (EVANS; MILLER, 1993) e essa relação poder ser perdida durante o processo de maceração, houve a preocupação durante o preparo em minimizar esses efeitos, já que movimentos independentes da mandíbula são permitidos, podendo predispor diferenças nos resultados durante a coleta dos dados. O uso de resina acrílica na região de caninos e incisivos inferiores antes da maceração permitiu manter a relação intermandibular próxima ao que se encontraria no animal vivo, diminuindo as possíveis variações entre as mandíbulas contralaterais. (REITER, 2004). Após a maceração das cabeças, foi possível observar a diferença entre as mandíbulas de alguns animais braquicefálicos. Acredita-se que a variação encontrada entre as mandíbulas não seja devido ao preparo do material, mas ao que se encontraria no animal vivo, já que esta diferença não foi observada em nenhum animal mesaticefálico.

Os índices calculados por Stockard (1941) para avaliação do tamanho e largura dos crânios comparando os três tipos cranianos dos cães foram o índice do crânio, índice craniano (caixa craniana) e índice rostral. Para ele, os resultados mostraram que a maior variação acontece na região rostral do crânio dos braquicefálicos quando comparados aos mesaticefálicos; entretanto, não foi observada assimetria expressiva nesta região, diferentemente do encontrado no presente estudo.

Neste trabalho, foram encontradas variações estatisticamente significativas em relação à assimetria craniana, com valor de $p=0.0001$, nos braquicefálicos, diferentemente dos resultados descritos por Stockard (1941). A mandíbula não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação à assimetria quando analisada isoladamente, com valor de $p=0.1205$. Quando calculado o índice de

covariância, ou seja, a interdependência funcional destas duas estruturas, houve diferença estatisticamente significativa, com valor de $p=0.0043$, evidenciando a redução da integração morfológica e funcional do sincrânio.

Para descrever onde estas variações estão concentradas, separou-se o crânio em partes e foram analisadas as regiões relacionadas com a mastigação. Foi possível afirmar que as maiores variações encontram-se principalmente na região rostral, com assimetria significativa e valor de $p=0.0001$, estando intimamente relacionada à região de contato rostral da dentição do crânio. Quando analisada a região rostral da mandíbula, houve diferença estatística significativa, com valor de $p=0.0064$, correspondendo à região de contato da dentição da mandíbula. Estes resultados sobre assimetria diferem dos descritos por Stockard (1941) O índice de covariância, ou seja, a interdependência funcional destas duas regiões rostrais, tanto no crânio como na mandíbula foi calculado, com resultado estatisticamente significativo, com valor de $p=0.0028$, mostrando redução da integração morfológica e funcional da região rostral do sincrânio.

A assimetria rostral pode levar a desajustes oclusais, influenciando na função e forças mastigatórias, além de poder interferir na função da articulação temporomandibular (WIGGS; LOBPRISE; 1997; DICKIE; SULLIVAN, 2000). Entretanto, como a articulação intermandibular suporta e distribui os movimentos e a carga recebida pelas mandíbulas contra-laterais, é provável que ocorra um ajuste final favorável, com pouca influência desta assimetria rostral do crânio na sua função. Entretanto, movimentos excessivos poderiam levar a rotação das mandíbulas, permitindo o deslocamento do processo coronóide, principalmente nos animais jovens, que apresentam a sínfise menos rígida (REITER, 2004). A assimetria rostral pôde ser observada macroscopicamente em alguns crânios braquicefálicos desta amostra (figura 12), sendo quantificada na morfometria geométrica.

Outra região de importância quanto à mastigação e analisada neste estudo foi a relação entre o 4º pré-molar superior e o 1º molar inferior, a nível oclusal. O índice de covariância foi calculado, apresentando diferença estatisticamente significativa nos braquicefálicos, com $p=0,0379$. Esta diferença pode sugerir alterações na função e forças de mordida e ajuste temporomandibular insatisfatório. Este resultado pode ser devido ao encurtamento da maxila, predispondo a alterações na

conformação anatômica do 4^o PMS, com tamanho menor do que encontrado nos cães mesaticefálicos, além de diferença no alinhamento oclusal (WIGGS; LOBPRISE; 1997).

No cão, o contato oclusal na região dos dentes molares superiores e inferiores parece ser o responsável pela estabilidade na articulação temporomandibular, funcionando como uma “trava” e impedindo deslocamentos do processo condilar, além de distribuir as forças mastigatórias. Esta região, além de estar próxima ao processo condilar, abriga os principais músculos responsáveis por fechar a boca, o masséter e o temporal. De acordo com a literatura, nos cães selvagens, quanto mais próximo destes músculos e do processo condilar estiverem ao dentes molares e pré-molares, maior será a força de mordida, desde que apresente oclusão satisfatória (WANG; TEDFORD; ANTÓN; 2008). A redução no índice de covariância encontrada nos braquicefálicos nesta região dos arcos dentários superior e inferior indica possível alteração na força mastigatória e, a longo prazo, poderia predispor a desajuste na ATM. Entretanto, estes possíveis desajustes não condizem com o encontrado na rotina clínica, pois dificilmente encontram-se animais com algum sintoma relacionado à ATM, como dor, estalos ou travamentos com a boca aberta, embora a literatura tenha relatado alguns casos (DICKIE; SULLIVAN, 2000; REITER, 2004). Outra possível ausência de manifestação dos problemas oclusais com reflexo na ATM pode estar relacionada à expectativa de vida dos braquicefálicos, em torno de 10 anos.

Segundo Emily e Penman (1994) a articulação temporomandibular dos carnívoros está preparada para produzir o máximo de força mastigatória, com movimentos restritos ao plano horizontal necessitando, para isso, que estruturas dentárias, principalmente os pré-molares e molares, estejam em oclusão adequada. As forças mastigatórias embora não tenham sido objetivo deste trabalho e, portanto, não tenham sido mensuradas, supõem-se poderem sofrer influências. Lindner et al. (1995) investigaram essas forças utilizando cães e obteve grandes variações de força nas diferentes raças avaliadas podendo estar relacionado com o tipo craniano, embora a forma e a massa muscular cranianas não tenham sido avaliadas.

Para Stockard (1941), a região craniana (ou neural) dos diferentes tipos cranianos, apresenta variações de tamanho mínimas, com freqüente desenvolvimento assimétrico nas raças braquicefálicas. Os resultados encontrados

no presente estudo não mostraram diferenças estatisticamente significantes em relação à assimetria da caixa craniana nos braquicefálicos, com valor de $p=0.1590$, quando comparados aos mesaticefálicos.

Estudos que avaliassem quantitativamente a influência da forma craniana dos braquicefálicos em relação à articulação temporomandibular não foram encontrados e, por este motivo, houve interesse nesta pesquisa. As regiões relacionadas diretamente com esta articulação, ou seja, fossa mandibular e processo condilar, foram analisados quanto à assimetria e apresentaram valores de $p=0.1032$ e $p=0.9245$, respectivamente, mostrando não haver assimetria estatisticamente significativa nestas estruturas. O índice de covariância também foi calculado, com resultado de $p=0.1284$, sem diferença estatisticamente significativa, sugerindo haver integração morfológica e funcional nestas estruturas. Ou seja, os cães braquicefálicos analisados neste estudo não mostraram diferenças morfológicas significativas quanto a assimetrias e índice de covariância na região da ATM.

As demais estruturas avaliadas, o arco zigomático e o processo coronóide, apresentaram valores de $p=0.1585$ e $p=0.9093$, respectivamente, sem evidências de assimetria. O índice de covariância foi calculado e o valor de $p=0.6340$, não havendo diferença significativa quanto à morfologia e função destas estruturas quando avaliadas em conjunto, neste estudo. A hipótese sugerida por Reiter (2004), de que o processo coronóide poderia estar em contato íntimo com a proeminência óssea da face caudal da maxila ou com o processo maxilar do osso zigomático ao abrir a boca, não foi encontrado ao se avaliar somente a parte óssea do sínclínio.

Os resultados encontrados neste trabalho levam a concluir que as diferenças encontradas nos braquicefálicos estão concentradas na região rostral do sínclínio, não havendo assimetria e redução da covariância nas demais regiões analisadas. Supõe-se que estas diferenças poderiam influenciar indiretamente as regiões que participam conjuntamente na mastigação, levando a alterações funcionais em longo prazo.

O presente trabalho foi o início dos estudos envolvendo a morfometria geométrica em crânio de cães e mostrou-se eficaz quando estudos envolvendo a formas das estruturas são avaliados.

Os resultados aqui obtidos podem servir de base para que outros trabalhos sejam desenvolvidos a fim de se avaliar as diferenças encontradas nos sínclônios com a clínica apresentada pelos animais.

6 Conclusões

6 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada e os resultados encontrados, concluí-se que:

- 1 Foi possível representar e descrever as diferenças na forma dos crânios braquicefálicos e mesaticefálicos através de pontos anatômicos selecionados, por meio da morfometria geométrica.
- 2 Os braquicefálicos possuem o crânio e mandíbula assimétricos na região rostral quando comparado aos mesaticefálicos.
- 3 Nos braquicefálicos, há redução significativa na covariância entre crânio e mandíbula, nas regiões de contato rostral da dentição e na relação oclusal entre o 4^o PMS e o 1^o MI.
- 4 A assimetria significativa e a redução no índice de covariância presente nos braquicefálicos em duas regiões que participam conjuntamente da mastigação poderiam levar a alterações no padrão mastigatório.

Referências

REFERÊNCIAS

BOOKSTEIN, F. L. Morphometrics tools for landmark data. Geometriy and biology. **Cambridge University Press**:New York, 1991.

CHEVERUD, J. M. Developmental integration and the evolution of pleiotropy. **American Zoologist**, v. 36, n. 1, p. 44-50, 1996.

DICKIE, A.M.; SULLIVAN, M. The effect of obliquity on the radiographic appearance of the temporomandibular joint in dogs. **Canine Temporomandibular Joint Radiography**, v. 42, n. 3, p. 206-217, 2000.

DOBZHANSKY, T. **Genetics and the evolutionary process**. New York: Columbia University Press, 1970. 505 p.

EMILY, P.; PENMAN, S. **Handbook of small animal dentistry**. 2. ed . Oxford: Pergamon Press, 1994. p. 1-4.

EVANS, H. E.; MILLER, M. E. **Anatomy of the dog**. Philadelphia, Pennsylvania: Saunders, 1993. p. 1113.

FLYNN, J. M.; GALIANO, H. **Phylogeny of early tertiary Carnivora, with a description of a new species of *Proticits* from the middle Eocene of northwestern wyoming**, 1982.

GIOSSO, M. A. **Odontologia para o clínico de pequenos animais**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007.

HARVEY, C. E.; EMILY, P. P. **Small animal dentistry**. St. Louis: Mosby, 1993. p. 87-93.

HENNET, P. Dental anatomy and physiology of small carnivores. In CROSSLEY, D.A. ; PENMAN, S. **Manual of small animal dentistry**. 2. ed. Gloucestershire: BSAVA, 1995. p. 93-99.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON VETERINARY GROSS ANATOMICAL NOMENCLATURE. **Nomina Anatômica Veterinária**. 5.ed. Hannover, Colombia, Gent, Sapporo, 2005.

KENDALL, D. G. Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces. **Bulletin of the London mathematical society**. v. 16, p. 81-121, 1984.

KLINGENBERG, C. P.; MONTEIRO, L. R. Distances and Directions in Multidimensional Shape Spaces: Implications for Morphometric Applications. **Systematic Biology**, v. 54, n. 4, p. 678-688, 2005.

LEARY, R. F.; ALLENDORFY, F. W. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 4, p. 214-217, 1989.

LERNER, I. M. **Genetic homeostasis**. London: Oliver and Boyd, 1954. 154 p.

LEVIN, M. Left-right asymmetry in vertebrate embryogenesis. **Bioessays**, v. 19, p. 287- 296, 1997.

LINDNER, D. L.; MARRETTA, S. M.; PIJANOWSKI, G. J.; JOHNSON, A. L.; SMITH, C. W. Measurement of bite force in dogs: a pilot study. **Journal of Veterinary Dentistry**, v. 12, n. 2, 1995.

MARCUS, L. F. Traditional morphometrics. In ROLF, F. J.; BOOKSTEIN, F. (Ed.). Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop. University of Michigan Museum of Zoology, 1990. p. 95-130. (Special Publication, 1).

MARCUS, L. F.; HINGST-ZAHER, E.; ZAHER, H. Application of landmark morphometrics to skulls representing the orders of living mammals. **Hystrix Italian Journal of Mammalogy**, v. 11, n. 1, p. 27-47, 2000.

MARKOW, T. A. Evolutionary ecology and developmental instability. **Annual Review of Entomology**, v. 40, p. 105-120, 1995.

MARROIG, G.; CHEVERUD, J. M. A comparison of phenotypic variation and covariation patterns and the role of phylogeny, ecology and ontogeny during cranial evolution of New World Monkeys. **Evolution**, v. 55, p. 2576-2600, 2001.

MATHER, K. Genetic control of stability in development. **Heredity**, v. 7, p. 297-336, 1953.

MOLLER, A. P.; SWADDLE, J. P. **Asymmetry, developmental stability, and evolution**. Oxford: Oxford University Press, 1997 .

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. **Princípios de morfometria geométrica**. São Paulo: Holos Editora, 1999. 198 p.

MONTEIRO, L. R.; BONATO, V.; REIS, S. F. Evolutionary integration and morphological diversification in complex morphological structures: mandible shape divergence in spiny rats (Rodentia, Echimyidae). **Evolution and Development**, v. 7, n. 5, p. 429-439, 2005.

MOORE, W. J. The mammalian skull. London: Cambridge University Press. 1981. 369 p.

MORAES, D. A. **Evolução morfológica do crânio e elementos pós-cranianos dos marsupiais americanos (Dedelphimorphia, Paucituberculata, Microbiotheria)**. 2004. 462 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLSON, E.; MILLER, R. **Morphological Integration**. Chicago:University of Chicago Press, 1958.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: 2008. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: URL <http://www.R-project.org> > Acesso em: maio 2007.

RAFF, R. A. **The shape of life: genes, development, and evolution of animal form**. Chicago: 1996. University of Chicago Press.

REITER, A. M. Symphysiotomy, symphysiectomy, and intermandibular arthrodesis in a cat with open-mouth jaw locking – case report and literature review. **Journal of Veterinary Dentistry**, v. 21, n. 3, 2004.

ROBINS, G.; GRANDAGE, J. Temporomandibular joint dysplasia and open-mouth jaw locking in the dog. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 171, p. 1072-1076, 1977.

ROHLF, F. J.; CORTI, M. The use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. **Systematic Biology**, v. 49, p. 740-753, 2000.

SCAPINO, R. Morphological investigation into functions of the jaw symphysis in carnivorans. **Journal of Morphology**, v. 167, p. 339-375, 1981.

SCAPINO, R. The third joint of the canine jaw. **Journal of Morphology**, v. 116, p. 23-50, 1965.

SLICE, D. 2007. The New Morpheus: Platform independent program for morphometric analysis.

SOULÉ, M. E. Heterozygosity and developmental stability: another look. **Evolution**, v. 33, p. 396-401, 1979.

STOCKARD, C. R. The Genetic and Endocrinic Basis for Differences in Form and Behaviour. **American Anatomy Memoir 19**. Philadelphia: Wistar Institute of Anatomy and Biology, 1941. 775 p.

THODAY, J. M. Balance, heterozygosity and developmental stability. **Cold Spring Harbor Symposium in Quantitative Biology**, v. 20, p. 318-326, 1955

VAN VALEN, L. A study of fluctuating asymmetry. **Evolution**, v. 16, p. 125-142, 1962.

VILÀ, C.; MALDONADO, J. E.; WAYNE, R. K. Phylogenetic relationships, evolution, and genetic diversity of the domestic dog. **The Journal of Heredity**, v. 90, n. 1, p. 71-77, 1999.

VILÀ, C.; SAVOLAINEN, P.; MALDONADO, J. E.; AMORIM, I. R.; RICE, J. E.; HONEYCUTT, R. L.; CRANDALL, K. A.; LUNDEBERG, R.; WAYNE, R. K. Multiple and ancient origins of the domestic dog. **Science**, v. 276, p. 1687-1689, 1997.

WADDINGTON, C. H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. **Nature**, v. 150, p. 563-565, 1942.

WANG, X.; TEDFORD, R. H.; ANTÓN, M. **Dogs – Their fossil relatives and evolutionary history**. New York: 2008. Columbia University Press.

WAYNE, R. K. Cranial morphology of domestic and wild canids: the influence of development on morphological change. **Evolution**, v. 40, p. 243-261, 1986.

WAYNE, R. K. Molecular evolution of the dog family. **Trends in genetics**, v.9, p. 218-224, 1993.

WIGGS, R. B.; LOBPRISE, H. B. **Veterinary dentistry: principles and practice**. Philadelphia: Lippincott – Raven, 1997, 748 p.

WOZENCRAFT, W. C. The phylogeny of the recent Carnivora. In GITTLEMAN, J. L., (Ed.). **Carnivore behavior, ecology, and evolution**. Ithaca, New York: Cornell University Press, v. 1, p. 495-535, 1993.

ZELDITCH, M. L.; SWIDERSKI, D.; SHEETS, D. H.; FINK, W. **Geometric morphometrics for biologists: a primer**. Academic Press, Elsevier, 2004. 443 p.