

Bruno Divino Rocha

ESTUDO CINEMÁTICO ASSOCIADO AO ESTUDO RADIOGRÁFICO NA  
AVALIAÇÃO DA DISPLASIA COXOFEMORAL EM CÃES DA RAÇA PASTOR  
ALEMÃO

BELO HORIZONTE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GÉRIAS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
2012

Bruno Divino Rocha

ESTUDO CINEMÁTICO ASSOCIADO AO ESTUDO RADIOGRÁFICO NA  
AVALIAÇÃO DA DISPLASIA COXOFEMORAL EM CÃES DA RAÇA PASTOR  
ALEMÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor.

Área: Medicina e Cirurgia Veterinárias.

Orientador: Professor Renato Cesar Sacchetto Tôres

BELO HORIZONTE  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERIAS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
2012

Rocha, Bruno Divino, 1980-  
R672e      Estudo cinemático associado ao estudo radiográfico na avaliação da displasia  
coxofemural em cães da raça Pastor Alemão / Bruno Divino Rocha. – 2012.

59 p. : il.

Orientador: Renato Cesar Sacchetto Tôres  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.  
Inclui bibliografia

1. Cão – Doenças – Teses. 2. Ossos – Doenças – Diagnóstico – Teses. 3. Displasia  
pélvica canina – Teses. 4. Exame radiográfico – Teses. I. Torres, Renato Cesar Sacchetto.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

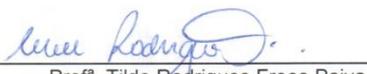
CDD – 636.708 96

Tese defendida e aprovada em 31 de agosto de 2012, pela Comissão Examinadora constituída por:



---

Prof. Renato Cesar Sacchetto Tôres  
Presidente



---

Profª. Tilde Rodrigues Froes Paiva



---

Prof. Paulo Eduardo Ferian



---

Profª. Cleuza Maria de Faria Rezende



---

Prof. Luiz Alberto do Lago

Dedico esta Tese  
à minha Esposa Juliana,  
aos meus filhotes Daniel e Isabela,  
e ao restante da minha família  
pelo incentivo sempre dado a mim e pela compressão de minha ausência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Renato Cesar Sacchetto Torres, pela orientação, confiança, dedicação, amizade e por ter representado seu papel de mestre de forma integral. Aproveito para pedir desculpas pelo atraso e em alguns momentos desânimo, sempre contornados pelo compromisso assumido com o Senhor.

Ao Dr. Euler Fraga, por quem tenho grande admiração, por ser como um irmão mais velho, que muitas vezes foi também co-orientador, cobrando resultados e mostrando que direção seguir fundamentais para o sucesso do trabalho.

À Dra. Prof. E Esposa Juliana, sua presença ao meu lado, nesses últimos cinco anos, foi o combustível para a concretização deste árduo trabalho.

Aos Prof. Roberto Baracat de Araújo e Prof. Luiz Lago, Dr. André pela confiança e pelas prestosas arguições e correções durante meu processo de Qualificação, foi ali que este trabalho tomou forma.

À Profa. Cleuza, pela atenção dispensada na resolução de dúvidas frequentes e as várias orientações dadas.

À Profa. Eliane pela permissão para realização da fase experimental nas dependências do Hospital da Escola de Veterinária da UFMG.

Às Dra. Fernanda Godoi, Mv. Ana Luisa Miranda, fundamentais para realização do estudo cinemático e também pela amizade descoberta, sem vocês eu nada seria.

Ao Prof. José Aurélio pela disponibilização do equipamento de filmagem e análise cinemática, para realização da fase experimental.

Ao Médico Veterinário Max Macedo, por ter depositado enorme confiança no trabalho, cedendo um número irrestrito de cães, fundamentais para o desenvolvimento da técnica.

Aos Técnicos da radiologia Eli, Eduardo e Elias, pela contribuição na realização dos exames radiográficos.

As Médicas Veterinárias e futuras Médicas Veterinárias, Fernanda Guimarães, Ana, Luanda, Camila, Aline Madeira, Gisele e Bia, pela ajuda durante a realização da fase experimental do trabalho.

Amigos e colegas do Centro Veterinário de Pequenos Animais, pela compreensão durante a ausência das minhas atividades.

A Mamãe, Vovó, Gisa, Sr. Geraldo, D. Ana, Paulinha e Débora pelo apoio, amor e principalmente por suprir minha ausência em casa.

Ao João, por dividir do seu enorme conhecimento da língua portuguesa e revisar a gramática com prestesa e urgência.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que generosamente me ajudaram em sua concretização, em especial a meu Pai, meu grande espelho, que felizmente em tempo, consegui perceber todo amor que ele dedicou e a mim, todos os dias me esforço para ser, quem sabe, tão bom como você.

“Não julgues nada pela pequenez dos começos. Uma vez fizeram-me notar que não se distinguem pelo tamanho as sementes que darão ervas anuais das que vão produzir árvores centenárias.”  
*Josemaría Escrivá*



---

## SUMÁRIO

---

	Pág.
RESUMO .....	15
ABSTRACT .....	16
1. INTRODUÇÃO .....	17
2. OBJETIVOS .....	19
2.1. Objetivo Geral .....	19
2.2. Objetivos Específicos .....	19
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	19
3.1. Displasia Coxofemoral Canina .....	19
3.2. Locomoção Canina .....	25
3.3. Análise Cinemática da Locomoção Canina .....	26
3.4. Relevância Clínica .....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
4.1. Animais .....	29
4.2. Avaliação Clínica .....	29
4.3. Avaliação Morfológica .....	30
4.4. Exame Cinemático .....	30
4.4.1. Preparação dos animais para o estudo cinemático .....	30
4.4.2. Local e equipamentos .....	32
4.4.3. Captura das imagens para análise cinemática .....	34
4.5. Análise Cinemática .....	34
4.6. Exame Radiográfico .....	40
4.6.1. Local e equipamentos .....	40
4.7. Avaliação Radiográfica .....	42
4.8. Resumo das variáveis avaliadas no experimento .....	44
4.9. Contenção .....	44
4.10. Análise Estatística .....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
6. CONCLUSÕES .....	52
7. REFERÊNCIAS .....	52

---

---

**LISTA DE TABELAS**

---

	Pág.
<b>Tabela 1</b> Análise descritiva dos parâmetros cinemáticos de 15 animais de raças de grande porte saudáveis, adaptado de Hottinger e colaboradores (1996) e de sete cães normais da raça Golden Retriever, adaptado de Silva (2006) .....	27
<b>Tabela 2</b> Descrição das variáveis cinemáticas, morfométricas e radiográficas, utilizadas no experimento .....	44
<b>Tabela 3</b> Distribuição dos resultados do diagnóstico da DCF, por meio do MRC e MRD, comparados com a idade, de 16 cães da raça Pastor Alemão .....	46
<b>Tabela 4</b> Resultados da análise de variância entre os diagnósticos do MRC e do MRD com a idade de cães da raça Pastor Alemão .....	47
<b>Tabela 5</b> Correlações entre as médias dos resultados do AN e ID, das articulações esquerda e direita, de 16 cães da raça Pastor Alemão .....	47
<b>Tabela 6</b> Distribuição descritiva das medidas angulares em máxima flexão e extensão, e amplitude máxima de movimento das articulações avaliadas no estudo cinemático de 16 cães da raça Pastor Alemão, durante a caminhada. ....	48
<b>Tabela 7</b> Distribuição descritiva dos parâmetros cinemáticos lineares estudados em 16 cães da raça Pastor Alemão durante a caminhada .....	49
<b>Tabela 8</b> Distribuição das medidas morfométricas aferidas em 16 cães da raça Pastor Alemão em estação .....	49
<b>Tabela 9</b> Análise de correlação entre variáveis estudadas e o ângulo de Norberg, em 16 cães da raça Pastor Alemão .....	51
<b>Tabela 10</b> Modelo final da análise de regressão linear múltipla de variáveis associadas ao ângulo de Norberg .....	52

---

---

**LISTA DE FIGURAS**

---

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> – Desenho demonstrando as fases do passo canino, onde  e  representam os membros durante a fase de apoio e o membro durante a fase de balanço (Fonte adaptada, Nunamaker e Blauner, 1985) .....	25
<b>Figura 2</b> Marcador de isopor com lâmpada LED desenvolvido para o experimento em cinemática: (A) marcador luminoso com lâmpada LED apagada; (B) marcador luminoso com lâmpada LED acesa .....	31
<b>Figura 3</b> Posição dos marcadores LED nos animais participantes do estudo cinemático .....	31
<b>Figura 4</b> Cenário montado no Canil Companhia de Cães, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais, com TNT e espuma EVA para a realização das filmagens dos animais participantes do estudo .....	32
<b>Figura 5</b> Visão esquemática do local de filmagem (Pista - Pista de filmagem: C - Filmadora fixada a um tripé a 4 m da pista em uma perpendicular ao centro)	32
<b>Figura 6</b> Posicionamento do equipamento de filmagem no set de filmagem, durante a obtenção das imagens do experimento. ....	33
<b>Figura 7</b> Esquadro de madeira com um metro de comprimento e um metro de altura, posicionado no plano de filmagem para calibração do software de aquisição e análise de imagens. Placa indicativa com número do cão filmado (20) e o número (1) da tomada .....	33
<b>Figura 8</b> Exemplificação de um cão da raça Pastor Alemão utilizado no experimento, sendo conduzido na pista de filmagem, durante a captura das imagens .....	34
<b>Figura 9</b> Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima flexão do membro torácico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 1 - ângulo escápulo-umeral; 2 - ângulo úmero-radial; 3 - ângulo rádio-carpo-metacarpo; 4 - ângulo coluna 1 (L3); 5 - ângulo coluna 2 (L7) .....	35
<b>Figura 10</b> Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima extensão do membro torácico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 6 - ângulo escápulo-umeral; 7 - ângulo úmero-radial; 8 - ângulo rádio-carpo-metacarpo; 9 - ângulo coluna 1 (L3); 10 - ângulo coluna 2 (L7) .....	36
<b>Figura 11</b> Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima flexão do membro pélvico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 11 - ângulo coxofemoral; 12- ângulo fêmoro-tibial; 13 - ângulo tíbio-tarso-metatarso .....	37
<b>Figura 12</b> Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima extensão do membro pélvico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 14 - ângulo coxofemoral; 15 - ângulo fêmoro-tibial; 16 - ângulo tíbio-tarso-metatarso .....	38
<b>Figura 13</b> Representação esquemática da altura máxima do membro torácico esquerdo durante a passada de um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção .....	38
<b>Figura 14</b> Representação esquemática da altura máxima do membro pélvico esquerdo durante a passada de um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção .....	39

<b>Figura 15</b>	Representação esquemática do comprimento da passada de um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção. Onde: (I) indica o local inicial da passada; (F) indica o local de término da passada medida .....	39
<b>Figura 16</b>	Posicionamento do cão da raça Pastor Alemão, para realização do Método Radiográfico Convencional .....	40
<b>Figura 17</b>	Imagem radiográfica das articulações coxofemorais de cão da raça Pastor Alemão posicionado para o Método Radiográfico Convencional .....	41
<b>Figura 18</b>	Posicionamento do cão da raça Pastor Alemão, para realização do MRD, utilizando Distrator Articular modelo EV-UFGM <sup>®</sup> .....	41
<b>Figura 19</b>	Imagem radiográfica das articulações coxofemorais de cão da raça Pastor Alemão, obtida com o uso do Distrator Articular modelo EV-UFGM <sup>®</sup> .....	42
<b>Figura 20</b>	Detalhe da imagem radiografia da articulação coxofemoral de cão da raça Pastor Alemão, obtida pelo MRC, demonstrando as marcações utilizadas para aferição do ângulo de Norberg (AN) .....	43
<b>Figura 21</b>	Detalhe da imagem radiografia da articulação coxofemoral direita de cão da raça Pastor Alemão, obtida pelo MRD, demonstrando as marcações da circunferência da cabeça femoral e do acetábulo, onde <b>d</b> é a distância entre os centros da cabeça do fêmur e do acetábulo e <b>r</b> é o raio da cabeça do fêmur, utilizadas para o cálculo do ID .....	43

---

---

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
AMA	Amplitude de movimento articular
AN	Ângulo de Norberg
ANOVA	Análise de variância
DAD	Doença articular degenerativa
DCF	Displasia coxofemoral
CBRV	Colégio Brasileiro de Radiologia Veterinária
CR	Radiografia computadorizada
EVA	Espuma vinílica acetinada
FCI	Federação cinológica internacional
ID	Índice de distração
LED	Diodo emissor de luz
MRC	Método radiográfico convencional
MRD	Método radiográfico distração
OFA	Orthopedic Foundation for Animals
PennHip	Pennsylvania Hip Improvement Program
RM	Ressonância magnética
TC	Tomografia computadorizada
TNT	Tecido não tecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
EV-UFMG	Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais
T13	Décima 3ª vértebra torácica
L3	3ª vértebra lombar
L7	7ª vértebra lombar
S1	Primeira vértebra sacral
S3	3ª vértebra sacral
Cc1	Primeira vértebra coccígea

---



## RESUMO

A Displasia Coxofemoral (DCF) é a uma anormalidade do desenvolvimento entre a cabeça do fêmur e o acetábulo, que se manifesta por meio da combinação entre o genótipo do indivíduo e fatores ambientais aos quais ele foi exposto. Trata-se da desordem músculo esquelética não traumática mais comum em cães. Um dos métodos de diagnóstico da DCF mais utilizado é o Método Radiográfico Convencional (MRC). Além do diagnóstico inicial da DCF, outro desafio é conhecer a extensão e as consequências da doença e os resultados de intervenções terapêuticas. A análise cinemática mostra-se uma ferramenta importante na determinação de fatores que podem influenciar a progressão de doenças do aparelho locomotor e permite a avaliação da reabilitação clínica desses cães. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a DCF utilizando o estudo cinemático associado ao estudo radiográfico em cães Pastores Alemães, escolhidos pela alta prevalência de DCF. Foram avaliados 16 cães. Os animais foram submetidos a análise cinemática, que permitiu a completa descrição do movimento dos animais, e radiográfica, utilizando o MRC e o Método Radiográfico em Distração (MRD). A avaliação radiográfica foi feita medindo-se o ângulo de Norberg (AN) e cálculo do índice de distração (ID). Dos animais avaliados, 62,5% foram classificados com algum grau de DCF. A correlação entre o AN e o ID foi moderada e a utilização isolada do MRD pouco eficaz, com sensibilidade de 75% e especificidade de 44%. Na análise de regressão linear múltipla as variáveis que explicam a ocorrência de DCF são: alturas máxima e mínima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar, altura mínima da coluna vertebral na transição lombo-sacral, ângulo escápulo-umeral em flexão máxima, ângulo rádio-carpo-metacarpo em extensão máxima, ângulo tíbio-tarso-metatarso em flexão máxima, amplitude de movimento articular escapulo-umeral, amplitude de movimento articular coxofemoral, comprimento da tíbia e do rádio. Nas condições em que este experimento foi conduzido, pode-se concluir que: 1. o estudo cinemático da caminhada de cães da raça Pastor Alemão foi capaz de caracterizar os parâmetros cinemáticos dos animais normais e displásicos; 2. o MRC é um exame eficaz no diagnóstico, quando comparada ao MRD; 3. a utilização do ID de forma isolada para o diagnóstico da DCF em cães adultos, apresenta baixas especificidade e sensibilidade e seu uso isolado pode implicar em resultados falso-positivos e falso-negativos; 4. as alterações se dão, com maior frequência, nos membros anteriores; 5. as análises cinemática e radiográfica apresentam limitações para serem utilizadas isoladamente, mas a utilização da análise cinemática após o diagnóstico e tratamento pode contribuir para a verificação da efetividade do mesmo; 6. ressalta-se a necessidade de investigação e acompanhamento clínico, utilizando os métodos combinados, para o diagnóstico e acompanhamento pós-diagnóstico da DCF, levando em consideração as alterações dos membros anteriores.

**Palavras-chave:** displasia coxofemoral, radiografia, cinemática, cão.

## ABSTRACT

*The hip dysplasia (CHD) is an abnormality of development between the femoral head and the acetabulum, which is manifested through the combination of the individual's genotype and environmental factors to which he was exposed. It is the non-traumatic musculoskeletal disorder more common in dogs. One of the methods of diagnosis of DCF is the most widely used method Conventional Radiographic (MRC). Besides the initial diagnosis of DCF, another challenge is to know the extent and consequences of the disease and the results of therapeutic interventions. Kinematic analysis shows is an important tool in determining factors that may influence the progression of diseases of the locomotor system and allows the evaluation of clinical rehabilitation of these dogs. In this context, the aim of this study was to evaluate the DCF using the kinematic study associated with radiographic study in dogs German shepherds, chosen by the high prevalence of DCF. We evaluated 16 dogs. The animals underwent kinematic analysis, which allowed complete description of the movement of animals, and radiographic using MRC and Method for Radiographic Distraction (MRD). Radiographic evaluation was done by measuring the Norberg angle (NA) and calculating the distraction index (DI). Animals evaluated, 62.5% were classified as having some degree of DCF. The correlation between the AN and the ID was moderate and isolated use of MRD ineffective, with a sensitivity of 75% and specificity of 44%. In linear regression analysis of multiple variables that explain the occurrence of DCF are: height maximum and minimum of the spine in the 3rd lumbar vertebra, minimum height of the vertebral column in the transition lumbosacral angle scapular-humeral joint in maximum flexion angle radio carpal-metacarpal in maximum extension angle tibio-tarsal-metatarsal in maximum flexion, range of motion scapulohumeral, range of motion, hip, tibia length and radio. In the conditions in which this experiment was conducted, we can conclude that: 1. study the kinematics of walking dog German Shepherd was able to characterize the kinematic parameters of normal animals and dysplastic, 2. MRC is an effective diagnostic test, when compared with MRD 3. the use of ID in isolation for the diagnosis of DCF in adult dogs, has low sensitivity and specificity, and their use can result in isolated false-positive and false-negative 4. changes occur with greater frequency in the forelimbs; 5. kinematics and radiographic analyzes have limitations for use alone but the use of kinematic analysis after diagnosis and treatment can contribute to verify the effectiveness thereof; 6. underscores the need for research and clinical monitoring using the combined methods for the diagnosis and follow-up after diagnosis of DCF, taking into account the changes of the forelimbs.*

**Keywords:** hip dysplasia, radiography, kinematics, dog.

## 1. INTRODUÇÃO

A Displasia Coxofemoral (DCF) é a uma anormalidade do desenvolvimento entre a cabeça do fêmur e o acetábulo (Tôrres, 1993). Essa mal formação se manifesta por meio da combinação entre o genótipo do indivíduo e fatores ambientais aos quais ele foi exposto durante sua fase de desenvolvimento. A expressão gênica é traduzida em frouxidão da articulação coxofemoral e incongruência desta, desencadeando alterações biomecânicas que, por sua vez, culminam na doença articular degenerativa (DAD) (Tôrres et al., 2003; Risler et al., 2009).

A primeira descrição em cães foi feita em 1935 por Gerry Schnelle (Schnelle, 1937, citado por Culp et al., 2006) e, desde então, tem se tornado a doença articular canina com o maior número de pesquisas publicadas. Apesar de descrita em bovinos, equinos, felinos, primatas e humanos, é a espécie canina que apresenta a maior prevalência da doença (Brass, 1989; Tachdjian, 2001; Milken, 2007; Vieira et al., 2010).

Atualmente a DCF é a desordem músculo esquelética não traumática mais comum em cães, podendo representar 30% do total de casos ortopédicos (LaFound et al., 2002; Souza et al., 2011; Smith et al., 2012). Algumas raças de cães são mais acometidas, como, por exemplo, a Bulldog Inglês, a Pastor Alemão, a Fila Brasileiro, entre outras de médio e grande portes (Lafound et al., 2002; OFA, 2012). As alterações morfológicas observadas nesses animais são a subluxação ou luxação coxofemoral, o arrasamento do acetábulo, o achatamento da cabeça femoral e outros sinais de DAD (Morgan, 1997; Risler et al., 2009).

As alterações clínicas apresentadas pelos indivíduos doentes podem variar desde um discreto desconforto articular até a parestesia

voluntária dos membros pélvicos. A dor associada a limitação dos movimentos articulares do quadril reduzem as atividades exercidas e a qualidade de vida do cão (Fry e Clark, 1992; Poy et al., 2000; Lawler et al., 2008; Cruz et al., 2009).

Os principais e mais utilizados métodos de diagnóstico da DCF são os radiográficos, dentre os quais se destaca a técnica proposta por Brass e colaboradores (1978), conhecida como Método Radiográfico Convencional (MRC) e adotada pela *Fédération Cynologique Internationale* (FCI) e pelo Colégio Brasileiro de Radiologia Veterinária (CBRV) (Brass et al., 1978; CBRV, 2007; OFA, 2012). Apesar de amplamente utilizada em todo o mundo, essa técnica apresenta um elevado número de resultados falsos negativos quando realizada antes dos 24 meses de idade, fato que prejudica o controle da DCF (Smith et al., 1990; Smith et al., 2002; Tôrres et al., 2005; Froes et al., 2009). Para melhorar a sensibilidade e especificidade dos métodos radiográficos, foram desenvolvidos exames com a articulação coxofemoral sob estresse, denominado Método Radiográfico em Distração (MRD). Eles permitem a detecção precoce da frouxidão articular e, conseqüentemente, do risco de desenvolvimento da DCF e DAD (Smith et al., 1990; Risler et al., 2009).

Novos métodos para diagnóstico da DCF e avaliação dos cães afetados têm sido desenvolvidos e testados, destacando-se técnicas como a tomografia computadorizada (TC), a ultrassonografia, estudos de genética molecular, utilização de biomarcadores, entre outras. Essas, no entanto, requerem mais estudos para que venham a ser aplicadas rotineiramente (Rocha e Tôrres, 2007; Risler et al., 2009; Zhou et al., 2010).

Além do diagnóstico inicial da DCF, outro desafio é avaliar a evolução e as conseqüências da doença nos indivíduos

acometidos, bem como verificar os resultados de intervenções terapêuticas experimentais (Paolucci, 2006; Muniz, 2008). As informações obtidas durante o exame clínico são qualitativas, levando a uma grande variabilidade de resultados entre os observadores. A melhor forma de padronizar essas avaliações, no intuito de obter dados quantitativos e confiáveis do sistema locomotor, é por meio da utilização da análise biomecânica do padrão da marcha (Poy et al., 2000; Dascalu et al., 2007; Santos et al., 2008; Mourão et al., 2009).

A biomecânica da locomoção animal, que é uma área do conhecimento em expansão, atua descrevendo a posição dos segmentos corporais e medindo as forças atuantes no corpo durante o movimento. Seu uso em canídeos é feito principalmente por meio de análises cinemáticas e cinéticas. A primeira é ramo da biomecânica que descreve a geometria, enquanto a segunda estuda as forças atuantes no corpo durante o movimento (Poy et al., 2000; Schamhardt e Clayton, 2001; Kirkwood et al., 2007; Cruz et al., 2009).

O estudo biomecânico de animais é um dos principais recursos que podem ser utilizados para se detectar problemas funcionais relacionados à locomoção, uma vez que possibilita a identificação e a descrição de consequências de um padrão de andamento alterado. O estudo também fornece dados que são utilizados nas avaliações da recuperação do animal (Hottinger et al., 1996; Gillete e Zebas, 1999; Christovão et al., 2007; Dascãlu et al., 2007; Risler et al., 2009). A análise cinemática mostra-se uma ferramenta importante na determinação de fatores que podem influenciar a progressão de patologias do aparelho locomotor, permitindo aos pesquisadores e clínicos um melhor entendimento das alterações biomecânicas ocorridas no corpo com a presença de agravos relacionados à

locomoção dos animais (Schaefer et al., 1998; Barthélémy et al., 2011).

A utilização de métodos de avaliação da locomoção em cães faz parte da rotina clínica básica. O exame clínico da marcha permite diagnosticar alterações clínicas ortopédicas e fornece informações importantes para acompanhamento da evolução do quadro clínico. Entretanto, quando realizada sem o auxílio de métodos computacionais, seus resultados são subjetivos e dependentes da experiência do avaliador (Silva, 2006). No intuito de fornecer dados quantitativos da marcha de animais, faz-se necessária a utilização de exames de diagnóstico biomecânicos auxiliares, como por exemplo, a análise cinemática dos animais doentes (Cruz et al., 2009).

O reduzido número de publicações mostra que o uso dessa ferramenta é ainda insipiente na Medicina Veterinária de pequenos animais no Brasil, o que se justifica pela necessidade da utilização de equipamentos especializados de alto custo e da pouca disponibilidade de pessoal devidamente treinado (Bennett et al., 1996; Marghitu et al., 1996; DeCamp, 1997; Bockstahler et al., 2007; Cruz et al., 2009). Também por esse motivo não existem bancos de dados cinemáticos expressivos, que permitam a comparação dos parâmetros avaliados.

Uma lacuna importante é percebida, especificamente, nos estudos cinemáticos realizados em animais acometidos por DCF. Eles descrevem apenas o padrão de movimento dos membros posteriores, negligenciando possíveis alterações biomecânicas manifestadas nos membros anteriores. Além disso, não se encontram relatos na literatura de trabalhos que estabeleçam a correlação entre as variáveis cinemáticas e os resultados das novas técnicas radiográficas sob estresse para o

diagnóstico da DCF (Bennett et al., 1996; Poy et al., 2000; Bockstahler et al., 2007).

O estudo cinemático dos membros anteriores e posteriores dos cães displásicos, pode identificar alterações na locomoção dos mesmos. Alterações estas, não quantificadas sem o auxílio de métodos computacionais de avaliação da deambulação. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é investigar uma relação entre o MRC e MRD e o estudo cinemático dos membros anteriores e posteriores de cães da raça Pastor Alemão, construindo um banco de dados, que auxiliará o acompanhamento do tratamento dos animais displásicos dessa raça, permitindo a quantificação da evolução do quadro clínico e tornando-se uma ferramenta valiosa para os clínicos, principalmente quando há necessidade de adequações na conduta terapêutica indicada. O intuito é de contribuir para a melhoria da eficiência do diagnóstico da DCF e acompanhamento clínico de animais acometidos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a Displasia Coxofemoral canina utilizando o estudo cinemático associado ao estudo radiográfico em cães da raça Pastor Alemão.

### 2.2 Objetivos Específicos

Utilizando-se cães da raça Pastor Alemão:

1. Descrever e avaliar, a locomoção de cães clinicamente normais e portadores de displasia coxofemoral, utilizando parâmetros cinemáticos.
2. Estudar a relação entre parâmetros cinemáticos ângulo de Norberg nas articulações coxofemorais estudadas.
3. Identificar quais parâmetros cinemáticos estão à DCF, comparando o MRC e do MRD.
4. Formar um banco de dados com as características descritivas da análise cinemática da locomoção de cães portadores de displasia coxofemoral.
5. Estudar a relação entre o ângulo de Norberg e o índice de distração de cães adultos.
6. Avaliar o desempenho do índice de distração de cães adultos, na detecção de animais com DCF, determinando seus valores de sensibilidade e especificidade.
7. Estudar a eficiência da utilização do Índice de Distração para o diagnóstico da DCF em cães adultos.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Displasia Coxofemoral Canina

A articulação coxofemoral é uma enartrose formada pela cabeça do fêmur e a cavidade acetabular. Além das estruturas ósseas, estão presentes no conjunto articular a cápsula articular, o líquido sinovial, o ligamento acetabular transversal, o ligamento da cabeça do fêmur, o ligamento acessório do fêmur, o lábio acetabular e os grupos musculares pélvicos. Essas estruturas contribuem para a estabilização da cabeça do fêmur no interior do acetábulo, porque atuam no aprofundamento relativo dessa cavidade e originam forças que proporcionam seu encaixe dentro do acetábulo (Weigel e Wasserman, 1992; Dyce et al., 1997; Schmaedecke, et al., 2008).

As articulações coxofemorais de todos os cães são normais ao nascimento. Seu desenvolvimento continuará desta forma desde que a congruência entre a cabeça do fêmur e o acetábulo seja mantida (Hedhammar et al., 1979). A frouxidão

articular é a primeira alteração e o principal fator predisponente observado nos animais com DCF. A incongruência articular é responsável pela falha no desenvolvimento entre a cabeça femoral e o acetábulo, desencadeando as alterações biomecânicas subsequentes, que predispõe à DAD (Smith et al., 1990; Ginja et al., 2009).

A maior suscetibilidade de algumas raças à DCF sugere origem genética. Dentre as diversas raças, a raça Pastor Alemão se enquadra no grupo de risco para o desenvolvimento da doença, porque são animais de grande porte, de crescimento rápido e submetidos a situação que levam ao estresse mecânico das articulações coxofemorais (Tôrres et al., 2005; Mele, 2007; Tôrres et al., 2007; Vieira et al., 2010; Shearer, 2011; Souza et al., 2011). Os últimos levantamentos realizados no Brasil apresentaram uma prevalência de cães displásicos de até 89,4 %, indicando a elevada prevalência da DCF no país (Barros et al., 2008; OFA, 2012). Riser e Shire (1967) estabeleceram a correlação entre o ganho de peso, o crescimento rápido e a ocorrência da DCF em cães da raça Pastor Alemão. Smith e colaboradores (1995), ao estudarem os fatores de risco para a DCF em um grupo de cães da raça Pastor Alemão e cães de outras raças, observaram que os primeiros tem um risco seis vezes maior de desenvolver osteoartrose da articulação coxofemoral quando comparados com as demais raças.

Sabe-se que DCF é uma mal formação de origem genética cujas causas não estão totalmente esclarecidas. Entretanto, o modelo é de herança poligênica recessiva, não seguindo às leis mendelianas básicas (Tôrres et al., 2007, Guo et al., 2011). Além de poligênica, é também uma doença multifatorial e quantitativa, ou seja, fatores desencadeadores somam-se a pré-disposição genética e aumentam suas chances de manifestação. A herdabilidade dessa característica varia de 0,2 a 0,6, ou

seja, a expressão gênica, em cães jovens na fase de desenvolvimento, é influenciada consideravelmente por fatores não-genéticos (Hedhammar et al., 1974; Krook, 1988; Smith et al., 1995; Marschall e Distl, 2007). Dentre esses fatores, o fornecimento de uma dieta de alta densidade, com elevadas concentrações de energia, cálcio e proteínas, é considerado como o mais relevante na expressão gênica da DCF. (Wood et al., 2000; Carneiro et al., 2006; Lawler et al., 2008; Smith et al., 2012).

A articulação coxofemoral dos cães que eventualmente desenvolvem displasia é estrutural e funcionalmente normal ao nascimento. O crescimento e o desenvolvimento do acetábulo e da cabeça do fêmur são sincronizados e requerem uma perfeita relação entre si (Tôrres et al., 2007). Nos animais acometidos, ocorre uma assincronia entre o crescimento ósseo e o desenvolvimento da massa muscular de sustentação da articulação coxofemoral, levando a um suporte articular insuficiente e incongruência da mesma, podendo tal fato ser observado em filhotes com duas semanas de vida (Hedhammar et al., 1979; Ginja et al., 2009). A frouxidão articular é o principal fator predisponente para a DCF, proporcionando alterações biomecânicas na articulação afetada. Vale destacar que, sem a participação de outros fatores, a frouxidão articular não é suficiente para o desenvolvimento da doença (Smith, et al., 1990; Lust et al., 1993; Madsen, 1997; Carneiro et al., 2006; Tôrres et al., 2007; Lawler et al., 2008).

As primeiras alterações morfológicas que ocorrem no desenvolvimento da DCF são o aumento do volume do líquido sinovial, hipertrofia do ligamento da cabeça do fêmur, sinovite proliferativa e lesões focais nas cartilagens articulares da cabeça do fêmur e do acetábulo (Ginja et al., 2009; Vanden Berg-Foels et al., 2011; Cox et al., 2011). Nos primeiros estágios de desenvolvimento da doença são observados

o volume do líquido sinovial e o alargamento do ligamento redondo com a frouxidão articular (Ginja et al., 2009). Estas alterações ocorrem antes das alterações radiográficas. No entanto, quando se utiliza a ressonância magnética (RM), é possível verificar o aumento de volume do líquido sinovial a partir da oitava semana de idade. As imagens providas pela RM são, em grande parte, representadas por alterações decorrentes da DAD secundárias (Morgan, 1997; Ginja et al., 2009; Vanden Berg-Foels et al., 2011).

A natureza quantitativa da DCF faz com que a somatória de predisposição genotípica e fatores não genéticos desencadeiem alterações no desenvolvimento da articulação coxofemoral. A primeira alteração manifestada é a instabilidade articular, fato que prejudica o desenvolvimento normal da articulação, comprometendo o crescimento endocondral e a modelação óssea. Essa falha no desenvolvimento articular leva à incongruência, possibilitando o movimento lateral da cabeça do fêmur, gerando pontos específicos de estresse na articulação, o que, por sua vez, modificam os vetores de cargas atuantes na cabeça do fêmur e no acetábulo, inicialmente lesando a cartilagem articular até o desenvolvimento de DAD (Brass, 1989; Smith et al., 1990; Weigel e Wasserman, 1992; Tôrres et al., 2007, Ginja et al., 2010).

A incongruência articular é manifestada, por meio da frouxidão articular. Existem dois tipos de frouxidão articular: a passiva e a funcional. A frouxidão passiva é a incongruência articular verificada pela palpação ou reconhecida por meio de exames de imagem. A funcional, por sua vez, é a evolução da forma passiva, associada ao deslocamento da cabeça femoral parcialmente para fora do acetábulo durante a locomoção do animal, caracterizando uma frouxidão patológica. Sabe-se que a frouxidão articular passiva é

o principal fator predisponente para o desenvolvimento da DCF (Lust et al., 1993; Smith et al., 1993; Tôrres, 2003; Tôrres et al., 2007).

O processo degenerativo causado pela DCF pode ser assintomático por muitos anos. No início, os sintomas são intermitentes, tornando-se constantes com o passar do tempo. Eles podem variar desde um discreto desconforto articular até parêsis voluntária dos membros pélvicos. As manifestações clínicas nem sempre são compatíveis com as alterações radiológicas. Estudos mostram que 70% dos animais radiograficamente acometidos não apresentam sintomas clínicos. Os cães sintomáticos apresentam relutância em deambular, intolerância ao exercício, claudicação uni ou bilateral, dorso arqueado, centro de massa deslocado cranialmente, andar bamboleante, abração das unhas dos membros pélvicos e jarretes rotacionados medialmente (Fry e Clark, 1992; Tôrres, 1993; Poy et al., 2000; Ferrigno et al., 2007<sup>a</sup>).

A apresentação clínica da DCF é classificada como bimodal, ocorrendo em animais jovens e idosos. A dor aguda, manifestada com claudicação e fraqueza muscular em animais jovens, é causada pela frouxidão articular e conseqüente instabilidade articular, levando à distensão das estruturas ligamentares da articulação coxofemoral. Nos animais adultos, os sintomas e sinais clínicos da fase crônica são conseqüência da DAD secundária. O processo degenerativo resulta das lesões na cartilagem articular, microfraturas nos ossos subcondrais da cabeça femoral e acetábulo, além da reação inflamatória da cápsula articular. Observa-se nos animais acometidos dificuldade em levantar-se e deitar-se, acompanhada de vocalização revelando dor durante a claudicação e perda de equilíbrio dos membros pélvicos. Ainda é relatada como sinal clínico a hipotrofia muscular de intensidade variada nos

membros afetados, dependente da gravidade do caso. Esse fato parece estar relacionado com a transferência de peso para os membros torácicos, na tentativa de minimizar a dor e o desconforto articular nos membros posteriores (Ferrigno et al., 2007<sup>b</sup>).

Na rotina clínica, o diagnóstico desta afecção pode ser estabelecido considerando as informações do histórico do animal, sintomas e sinais clínicos apresentados, e no emprego de métodos auxiliares de exame, tais como exames radiográficos qualitativos e quantitativos (Adams et al., 2000).

Durante o exame ortopédico, a movimentação da articulação coxofemoral pode revelar dor de intensidade variada. A crepitação é detectada nas articulações com DAD avançada. Embora alguns autores afirmem que as observações obtidas durante a avaliação clínica possam ser indicadores sensíveis da ocorrência de DCF, elas são informações subjetivas. A fim de melhorar a sensibilidade do diagnóstico inicial, faz-se necessária a utilização do exame radiográfico (Brass, 1989; Adams et al., 2000; Tôrres et al., 2007).

Na imagem radiográfica, a articulação coxofemoral normal apresenta o encaixe adequado entre a cabeça do fêmur e o acetábulo, com um percentual de cobertura maior que 50%. A articulação é considerada displásica quando as estruturas articulares encontram-se incongruentes e são visibilizados sinais radiográficos de DAD. A doença é caracterizada radiograficamente pela incongruência entre as superfícies articulares, pelo arrasamento do acetábulo, pelo achatamento da cabeça do fêmur, pelo encurtamento do colo femoral, pela esclerose óssea subcondral, pela luxação ou sub-luxação e por outras alterações secundárias observadas radiograficamente, tais como presença de osteófitos pericondrais, linha *Morgan*, remodelação

da cabeça e do colo do fêmur e do acetábulo (Lust, et al., 1993; Tôrres et al., 2007; Risler et al., 2009; Vanden Berg-Foels et al., 2011).

As principais técnicas de avaliação radiográfica são a avaliação proposta por Brass e colaboradores (1978) e adotada pela FCI, conhecida como método radiográfico convencional (MRC), e o PennHip (*Pennsylvania Hip Improvement Program*), também chamado de método radiográfico em distração (MRD) (Brass et al., 1978; Rocha e Tôrres, 2007; Froes, 2011; Smith et al., 2012).

A idade mínima para realização do exame radiográfico conclusivo varia de acordo com a raça, com o método utilizado e ainda depende do país onde a avaliação será realizada. A idade mínima pode ser de quatro meses com o MRD nos EUA, 12 meses na Alemanha e Grã-Bretanha com MRC, ou 24 meses nos EUA utilizando os critérios estabelecidos pela OFA (Brass, 1989; OFA, 2012). No Brasil, utiliza-se o MRC, que é composto pela quantificação da relação entre a cabeça do fêmur e o acetábulo, medindo-se o ângulo de Norberg (AN), pela observação dos sinais radiográficos de DAD e a idade mínima de 24 meses (Tôrres, 1993). A sensibilidade do exame radiográfico varia com a idade em que o mesmo é realizado, sendo no MRC de 80% em cães com idade de 12 meses, e de 95% em animais com 24 meses. Já o MRD apresenta 88% de sensibilidade quando realizado aos quatro meses, e 95% quando executado aos 12 meses de vida (Brass et al., 1978; Lust et al., 1993; Tôrres, 2003).

Para obtenção da imagem radiográfica no MRC o cão é posicionado em decúbito dorsal e os membros pélvicos tracionados caudalmente até que os joelhos e jarretes estejam totalmente estendidos. Os membros são aduzidos para que os fêmures fiquem paralelos entre si, rotacionados internamente e com as patelas sobrepostas e

centralizadas em relação aos côndilos femorais. O cão deve ser posicionado simetricamente e na imagem radiográfica incluir as asas dos ílios e os joelhos. A sedação profunda ou anestesia do animal é fundamental para um adequado relaxamento muscular, o perfeito posicionamento radiográfico e, conseqüentemente, para se obter resultados mais confiáveis (Genevois et al., 2006).

Para quantificar a relação entre a cabeça do fêmur e o acetábulo é utilizado o AN. Durante a medição, o primeiro passo é identificar os centros das cabeças dos fêmures para se traçar uma linha entre esses dois pontos. Outra linha é traçada do centro da cabeça do fêmur passando pela borda crânio-lateral do acetábulo de ambas as articulações. O ângulo formado entre as linhas é então medido. O valor limite para uma articulação ser considerada normal é 105°. Valores angulares menores mostram a inadequada relação entre a cabeça do fêmur e o acetábulo, demonstrando a ocorrência de subluxação ou luxação articular, o que pode ser caracterizado como DCF (Tôrres, et al., 2007; Rocha e Tôrres, 2007; Froes, 2011).

Estudos têm demonstrado que o posicionamento dos animais para realização do MRC não é eficiente para a detecção da frouxidão articular passiva. Quando os membros pélvicos são estendidos, aduzidos e rotacionados internamente, a cápsula articular fica encurtada por uma tensão espiral de seus elementos fibrosos. Esse mecanismo não só limita a extensão da articulação, como também gera uma resultante de forças que atua direcionando a cabeça do fêmur para dentro do acetábulo, mascarando a verdadeira frouxidão articular (Smith et al., 1993; Tôrres, 2003). O MRD foi desenvolvido para suprir a deficiência do MRC na detecção precoce da frouxidão articular. Este método avalia a frouxidão articular passiva pelo cálculo do ID. Esse método de avaliação calcula ainda o índice

de compressão, que verifica a congruência e faz uma avaliação subjetiva dos sinais de DAD (Smith et al., 1990; Lust et al., 1993; Adams et al., 2000; Froes, 2011).

A diferença do método em distração em relação ao MRC está no posicionamento dos animais para a obtenção das imagens radiográficas (posição neutra). No MRD, os animais são sedados ou anestesiados, para então serem posicionados em decúbito dorsal, com os fêmures orientados perpendicularmente ao plano da pélvis. Os joelhos ficam direcionados cranialmente e fletidos, formando um ângulo de 90° entre o fêmur e a tibia/fíbula. Um fulcro é colocado entre os membros pélvicos, de modo que suas barras fiquem apoiadas na face interna das coxas. Os fêmures são aduzidos, para que a alavanca formada desloque as cabeças femorais da cavidade acetabular no momento da realização da radiografia (Smith et al., 1990; Tôrres, 2003).

Estudos biomecânicos em cadáveres caninos descreveram a relação da frouxidão passiva com o posicionamento dos membros pélvicos. Os membros em posição neutra, com os fêmures entre 10° de flexão e 30° de extensão, 10° e 30° de abdução e 0° e 10° de rotação externa, apresentaram frouxidão passiva maximizada, independente da força aplicada pelo examinador (Smith et al., 1997). Esse fenômeno é explicado pela orientação dos elementos fibrosos da cápsula articular, que são direcionados no eixo paralelo ao do colo do fêmur (Smith et al., 1990).

Após a obtenção da imagem radiográfica, o ID é calculado considerando a relação entre a distância da cabeça do fêmur até o centro da circunferência do acetábulo denominado (d) e o raio da cabeça do fêmur denominado (r), originando a equação:  $ID = d/r$  (Smith et al., 1990). Os valores de ID próximos de zero mostram uma articulação congruente, enquanto valores próximos a um indicam o

deslocamento lateral da cabeça do fêmur. Animais que apresentam um valor de ID acima de 0,30 são considerados susceptíveis ao desenvolvimento da DCF. A probabilidade dos cães desenvolverem a DCF aumenta com o aumento do ID, sendo considerado que animais que apresentem  $ID \geq 0,7$  têm risco máximo de apresentarem DAD na idade adulta (Smith et al., 1995; Tôrres, 2003; Runge et al., 2010).

Os valores do ID obtidos em cães com quatro meses de idade apresentam uma alta correlação com os valores obtidos aos 12 e 24 meses. A sensibilidade do exame aos 4 meses de idade é de 88% (Smith et al., 1993; Rocha e Tôrres, 2007; Runge et al., 2010; Froes, 2011). Com isso, o MRD mostrou ser um método confiável na determinação precoce da DCF, tendo grande importância nos processos de seleção de animais para acasalamento (Smith et al., 1995; Ginja et al., 2009; Runge et al., 2010). O ID foi comparado com vários fatores de risco para DCF e demonstrou-se que, para cada aumento de incremento em 0,1 no ID, houve um aumento do risco da manifestação de DAD de, em média, 3,1 vezes (Smith et al., 1995).

A maior eficiência do MRD é alcançada quando a primeira imagem for feita entre quatro e seis meses de idade e a segunda imagem obtida quando o animal completar um ano e seis meses de vida (Smith et al., 1993; Runge et al., 2010; Froes 2011). Froes (2011) recomenda que o MRD seja empregado nos animais que foram classificados como normais no MRC sendo, desta forma, possível descobrir resultados falsos-negativos. Entretanto, Ginja e colaboradores (2009) observaram a redução do índice de distração e da especificidade do teste de Ortolani em cães com um ano de idade, que haviam desenvolvido DCF moderada ou grave. Esses achados foram explicados como efeito do espessamento da

cápsula articular e desenvolvimento de osteófitos na articulação coxofemoral.

Apesar dos esforços dos veterinários e criadores para reduzir a prevalência da doença por testes de progênie e acasalamentos de pais normais, sua elevada ocorrência ainda persiste. Esse fato ocorre principalmente devido as falhas existentes nos métodos de avaliações e de controle vigentes (Adams et al., 2000; Smith et al., 2002).

É importante observar que não há um método padrão para o diagnóstico da DCF, não sendo possível determinar se um cão é geneticamente livre da suscetibilidade a doença. Entretanto, os métodos de diagnósticos radiográficos desempenham um papel importante na detecção do início da expressão fenotípica da DCF (Tôrres et al., 1999<sup>b</sup>; Risler et al., 2009).

A despeito dos esforços realizados até agora no sentido de se controlar a doença na espécie canina, a prevalência continua alta. Essa realidade pode ser atribuída a alguns fatores, mas principalmente às falhas nos métodos de controle e de diagnóstico existentes (Smith et al., 1990). O acasalamento seletivo de pais fenotipicamente livres da DCF é o principal meio para reduzir a frequência da doença.

Além das técnicas radiográficas, o diagnóstico da DCF pode ser feito por meio de outros métodos auxiliares de exame. A biomecânica tem sido amplamente utilizada nas áreas veterinária e humana (Gillette e Angle, 2008), podendo caracterizar a locomoção normal e a de diversas patologias (Amadio, 2003; Barbosa, 2008). Recentemente, a biomecânica tem sido utilizada para detecção de animais com DCF, utilizando-se a caracterização da sua deambulação, já que proporcionam avaliações das alterações da locomoção dos animais displásicos e auxilia no diagnóstico da doença a partir das informações obtidas,

porém ainda é uma tecnologia pouco utilizada (Poy et al., 2000).

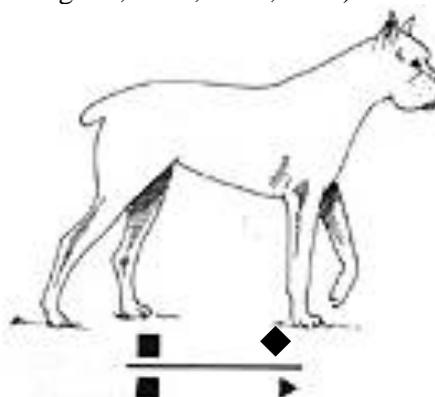
A avaliação da locomoção de animais com DCF por meio da inspeção é difícil. As alterações locomotoras destes animais são complexas e podem não se manifestar de forma clínica evidente. Além disso, o examinador somente identifica poucas variáveis de cada vez (Hottinger et al., 1996; Gillette e Angle, 2008). As informações obtidas auxiliam no diagnóstico de afecções, como a DCF, a luxação de patela e a ruptura de ligamento cruzado. É fundamental, ainda assim, recorrer a metodologias auxiliares para a confirmação (Mourão et al., 2009; Cruz et al., 2011). Nesse contexto, métodos de análises biomecânicos fornecem dados objetivos, permitindo a caracterização confiável e replicável do andamento canino (Schamhardt e Clayton, 2001; Oliveira, 2008).

### 3.2. Locomoção Canina

A locomoção normal é conceituada como o processo de deslocamento do corpo para frente, e trata-se de uma tarefa funcional que envolve interações complexas e simultâneas dos segmentos corporais, do sistema nervoso e do aparelho locomotor (Hottinger et al., 1996; Amadio, 2003; Silva, 2006; Santos et al., 2008), gerando movimentos de estrutura complexa para análise e interpretação (Amadio, 2003; Muniz, 2008). Os animais escolhem o padrão de deambulação que otimiza a economia ou consumo de energia para cada velocidade de andamento. Existem quatro tipos de apresentação da locomoção canina: a caminhada, a marcha, o trote e o galope, que se diferenciam pela velocidade média de deslocamento (Silva, 2006).

A unidade básica da locomoção em cães é o passo. Este é definido como o deslocamento do ponto de apoio do corpo de uma pata para a outra pata. O passo é dividido em

duas fases distintas: fase de apoio, que é o período no qual o membro se apoia sobre o solo; fase de balanço período em que a pata encontra-se em suspensão (Figura 1). Ao caminhar, o cão apoia no mínimo dois pés no chão, geralmente três pés, e, ocasionalmente, os quatro pés podem estar no chão (Nunamaker e Blauner, 1985; DeCamp, 1997; Souza, 2009). A passada é definida como o intervalo entre um evento de uma pata até a ocorrência subsequente do evento na mesma pata (DeCamp, 1997; McLaughlin, 2001; Silva, 2006).



**Figura 1** – Desenho demonstrando as fases do passo canino, onde ■ e ▶ representam os membros durante a fase de apoio e ◆ o membro durante a fase de balanço (Fonte adaptada, Nunamaker e Blauner, 1985).

O movimento de caminhar canino pode ser classificado em simétrico ou assimétrico. Quando simétrico, o movimento dos membros de um lado é repetido do outro lado. Ele pode ainda ser classificado em: lateral, quando a pata de um dos lados do membro torácico realiza o mesmo movimento que a pata homolateral do membro pélvico; e em diagonal, quando uma das patas do membro torácico realiza o mesmo movimento que a pata contralateral do membro pélvico. Quando o andamento é assimétrico, o animal apresenta andar atáxico, e os movimentos realizados pelo membro por um lado do corpo não se repetem do outro lado (Marghitu et al., 1996; Silva, 2006).

### 3.3. Análise Cinemática da Locomoção Canina

A análise de variáveis da deambulação de cães normais ou caracterização de padrões de movimentos de animais com patologias do sistema locomotor podem ser realizadas por meio de técnicas cinemáticas, cinéticas, morfométricas ou eletromiográficas (Amadio, 2003; Silva, 2006; Gillette e Angle, 2008).

A cinemática é o ramo da biomecânica que descreve o movimento dos objetos, sem se preocupar com as forças que atuam sobre o corpo (Amadio, 2003; Gillette e Angle, 2008). É um método não invasivo, que permite caracterizar a marcha normal e também avaliar indivíduos com alterações no sistema locomotor de cães, eliminando a subjetividade do exame clínico (Dascalu et al., 2007). Para isso, as posições de pontos anatômicos e segmentos corporais, bem como os ângulos das articulações são representados graficamente em um sistema de coordenadas (Amadio, 2003; Dascalu et al., 2007; Gillette e Angle, 2008).

Os primeiros estudos cinemáticos da marcha humana foram realizados em 1870 por Marey em Paris e Muybridge na Califórnia, utilizando-se câmeras fotográficas. Os primeiros trabalhos com tecnologia de filmagem foram feitos entre as décadas de 40 e 50, e somente a partir dos anos 70 os sistemas de filmagem associados a computadores foram desenvolvidos (Whittle, 1996).

A análise cinemática é uma ferramenta usada para quantificar o movimento, mas sua precisão depende da configuração do equipamento e dos procedimentos realizados. Existem duas formas de análises, sendo as tridimensionais (3D) teoricamente superiores as bidimensionais (2D). Na prática, contudo, a coleta, a análise e a interpretação dos dados em 3D são mais difíceis do que em 2D, além de os

equipamentos de alto custo e serem limitados a instituições de pesquisa. Da mesma forma, os equipamentos 2D também apresentam limitações, não sendo capazes de fornecer dados adequados de movimentos de rotação e circundação (Schamhardt e Clayton, 2001; Gillette e Angle, 2008).

Para a obtenção de dados, a partir da utilização de equipamentos 2D, marcadores são fixados em pontos anatômicos localizados no centro das articulações. Existem dois tipos de marcadores mais utilizados: um deles é feito de material não reflexivo que produz delimitação de cor que é reconhecida pelo sistema de captura de imagens. O outro pode ser feito de um material reflexivo que reflete a luz, possibilitando sua identificação. Sistemas de análise convencionais acompanham os marcadores em diferentes eixos de espaço e tempo e revelam seus respectivos valores posicionais. A partir disso, os *softwares* utilizam equações matemáticas para calcular velocidades e acelerações lineares ou angulares (Mourão et al., 2009). Os resultados obtidos podem ser utilizados como técnica diagnóstica inicial de uma anormalidade, no planejamento de tratamentos e acompanhamento de seus resultados (Whittle, 1996).

As variáveis cinemáticas mais utilizadas na avaliação de cães são os ângulos de extensão e flexão das articulações, obtidas por meio do estudo 2D (DeCamp et al., 1993; Hottinger, et al., 1996; Torres et al., 2010). Após a obtenção dos valores dos ângulos articulares, é possível calcular a amplitude de movimentação angular (AMA). A AMA é uma função da condição das articulações, músculos e tecidos conjuntivos envolvidos, e somente na análise cinemática é possível avaliá-la durante o movimento. Ela pode ser utilizada como marcador da função articular anormal, uma vez que, processos patológicos articulares, como a DCF,

promovem a redução da taxa de movimentação articular, reduzindo os valores da AMA (Newton, 1985; Brech et al., 2008). Segundo Millard e colaboradores (2010), o retorno aos seus valores normais é um indicativo da recuperação funcional do membro.

Dentre as variáveis cinemáticas lineares, as mais utilizadas para a descrição da locomoção canina são o comprimento da passada e as alturas máximas dos membros torácicos e pélvicos em relação ao piso (Hottinger et al., 1996; Poy et al., 2000). O comprimento da passada avalia o deslocamento de cada membro durante a locomoção (Marghitu et al., 1996; Amadio, 2003). A altura máxima que o membro atinge durante a fase de balanço é

determinada pela liberdade de movimentação do mesmo (Silva, 2006). As afecções do aparelho locomotor podem alterar essas medidas, indicando uma compensação durante a deambulação (Poy et al., 2000; Silva, 2006).

As informações obtidas nos estudos cinemáticos de animais normais permitem a construção de banco de dados, que possibilitam a realização de comparações intra-raciais. Hottinger e colaboradores (1996) descreveram os parâmetros cinemáticos de 15 animais de raças de grande porte, saudáveis. Silva (2006) realizou a descrição cinemática da marcha de sete cães normais, da raça Golden Retriever. Os valores obtidos nos estudos supracitados estão listados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Análise descritiva dos parâmetros cinemáticos de 15 animais de raças de grande porte saudáveis, adaptada de Hottinger e colaboradores (1996) e de sete cães normais da raça Golden Retriever, adaptado de Silva (2006).

Variáveis	Hottinger et al. (1996)		Silva (2006)		
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	
Ângulo escápulo-umeral (°)	Flexão	136,3	9,2	107,8	12,7
	Extensão	130,3	6,6	133,1	12,4
	AMA	25,3	4,6	-	-
Ângulo úmero-radial (°)	Flexão	118,4	17,1	107,8	12,17
	Extensão	136,7	7,3	116,6	8,13
	AMA	48,1	5,2	-	-
Ângulo rádio-carpo-metacarpo (°)	Flexão	27,1	32,0	97,99	9,43
	Extensão	-6,4	22,4	204,5	6,67
	AMA	91,1	11,7	-	-
Ângulo coxofemoral (°)	Flexão	108,8	8,7	103,7	10,1
	Extensão	120,3	10,3	118,3	9,3
	AMA	34,6	3,4	-	-
Ângulo fêmoro-tibial (°)	Flexão	128,7	14,8	102,6	7,3
	Extensão	134,2	5,8	143	6,2
	AMA	37,8	5,0	-	-
Ângulo tíbio-tarso-metatarso (°)	Flexão	141,0	9,1	120	4,3
	Extensão	146,0	9,3	144,2	3,5
	AMA	32,0	5,4	-	-
Amplitude de passada do membro torácico (cm)	80,3	20,2	79,63	4,81	
Altura da passada do membro torácico (cm)	-	-	6,03	1,5	
Altura da passada do membro pélvico (cm)	-	-	6,73	1,05	

AMA – amplitude do movimento articular; (°) – ângulo; (cm) – centímetro.

A conformação corporal influencia de forma significativa alguns parâmetros cinemáticos. Esse fato dificulta a caracterização da locomoção normal de cães (Nunamaker e Blauner, 1985). O comprimento dos membros e da coluna vertebral, a localização do centro de massa e o biotipo do animal, podem alterar características cinemáticas, como a amplitude e a frequência das passadas, o deslocamento e a velocidade angulares (Nunamaker e Blauner, 1985; Bennett et al., 1996; Hottinger et al., 1996; Silva, 2006). As características morfométricas, como a altura e comprimento corporal não contribuem diretamente para a patogenia da DCF, da mesma forma, não podem ser utilizados para o diagnóstico da doença. Entretanto, essas características são preditores para a ocorrência de patologias articulares (McLaughlin, 2001; Souza, 2009). Roberts e McGreevy (2010) mostraram que a DCF pode ter sua incidência aumentada se os criadores adotarem critérios de seleção apenas morfológicos como altura e comprimento corporal.

Devido a grande variabilidade morfológica entre as raças de cães é necessária a definição de padrões de andamento individualizados por raça, visando à redução dos erros na análise cinemática (Nunamaker e Blauner, 1985). Outra forma para reduzir os erros de análises é a obtenção das imagens com os animais em velocidade cuidadosamente controlada. Para a avaliação dos animais durante a caminhada a velocidade média deve-se manter entre 1,3 e 1,8 m/s, já que, acima deste intervalo ocorre a mudança da caminhada para a marcha e padrões cinemáticos, tais como o comprimento da passada e o tempo de contato com o solo se alteram (Nunamaker e Blauner, 1985; Marghitu et al., 1996; Gillette e Angle, 2008; Souza et al., 2011).

A manifestação de dor em algum dos membros é identificada, na locomoção, por meio da redução da fase de contato e da força exercida no solo pelo membro acometido e alterações nos parâmetros cinemáticos, como posições angulares, velocidades angulares, ângulos entre segmentos, velocidade e amplitude da passada, tempos de apoio e suspensão, entre outros (Poy et al., 2000; Mourão et al., 2009). Patologias como a DCF, a ruptura do ligamento cruzado cranial, a luxação de patela, a osteocondrose dissecante, a displasia do cotovelo e as doenças musculares crônicas, são capazes de afetar a marcha canina (Nunamaker e Blauner, 1985; Silva, 2006; Cruz et al., 2009). Entretanto, essas diferenças são sutis, aumentando a dificuldade para detecção de alterações da locomoção durante o exame clínico (Bennett et al., 1996; Poy et al., 2000).

Apesar do aumento da utilização de técnicas biomecânicas que descrevem a deambulação de animais com DCF, grande parte dos estudos fez uso das análises cinéticas, com uso de plataformas de força e seus resultados não são comparáveis com os obtidos na análise cinemática. Outra questão que deve ser observada é que esses estudos foram realizados em animais de diferentes raças e portes, impossibilitando a comparação e padronização dos resultados (Bennett et al., 1996; Poy et al., 2000; Silva, 2006; Oliveira, 2008; Souza, 2009).

A análise cinemática de cães displásicos, realizada por Vilar e colaboradores (2009), mostrou o aumento na amplitude da passada do membro pélvico e a menor altura máxima da pata durante a fase de balanço, esta última, utilizada para verificar se o animal arrasta o membro afetado no solo (Poy et al., 2000). Segundo DeCamp e colaboradores (1997), não foram detectadas diferenças significativas nas forças laterais, que atuam nos membros pélvicos, entre os animais sadios e os animais displásicos,

mostrando que não ocorre desvio de rotação ou abdução importantes nos membros pélvicos dos cães com DCF, credenciando o estudo cinemático 2D para avaliação da DCF canina.

Poy e colaboradores (2000) compararam 19 cães portadores de DCF com 10 animais hígidos pela avaliação cinética e cinemática. Observou-se o aumento dos ângulos de adução e abdução coxofemorais, um maior comprimento da passada do membro pélvico e o aumento na velocidade angular da articulação coxofemoral. Estas alterações foram justificadas como compensação pelo desconforto ou alteração biomecânica.

Em outro estudo cinemático em cães com DCF, realizado por Bennett e colaboradores (1996), foi observado o aumento da extensão da articulação coxofemoral, o aumento da amplitude da passada do membro posterior e da velocidade angular em todas as articulações do membro posterior. Em pesquisa realizada para identificar alterações cinéticas e cinemáticas entre cães Pastores Belgas Malinois, normais e suspeitos de DCF, não foram observadas alterações cinéticas significativas. Porém, o estudo cinemático mostrou que os animais suspeitos apresentaram retardo no tempo de flexão máxima da articulação coxofemoral, maior flexão e amplitude de movimento fêmoro-tíbio-patelar, além de maior velocidade angular máxima da mesma articulação e da articulação tíbio-társica-metatársica e também maior fase de balanço (Bockstahler et al., 2007).

### **3.4. Relevância Clínica**

Além do primo diagnóstico da DCF canina, avaliações clínicas subsequentes são necessárias para verificar a evolução dos sinais clínicos da DAD. Outra necessidade é a verificação da eficácia dos tratamentos recomendados. Para tanto, a biomecânica

clínica caracteriza o andamento destes animais, fornecendo informações auxiliares, importantes no planejamento e na monitoração de intervenções terapêuticas. Além disso, ela contribui também para o desenvolvimento e validação de novos métodos de tratamento indicados para a melhora da qualidade de vida dos animais displásicos. (Christovão et al., 2007; Barthélémy et al., 2009).

Uma característica constante nos trabalhos consultados é a preocupação com as alterações biomecânicas dos membros pélvicos. Porém, Oliveira (2008) detectou alterações cinéticas significativas nos membros torácicos de cães portadores de DCF e considerou que a verificação de alterações cinemáticas dos membros torácicos de cães displásicos, é um achado importante e não completamente estudado.

A conformação corporal de cada raça causa variações nas características da marcha, impossibilitando a comparação inter-racial dos parâmetros cinemáticos (Nunamaker e Blauner, 1985; Poy et al., 2000).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Animais**

Foram utilizados 19 cães da raça Pastor Alemão, sendo onze fêmeas e oito machos, com idade média de quatro anos e dez meses. Essa raça foi escolhida por apresentar elevada prevalência de DCF (Tôres et al., 2007; OFA, 2012). Todos os animais foram cedidos por criadores da região metropolitana de Belo Horizonte e escolhidos aleatoriamente.

### **4.2. Avaliação Clínica**

Os animais foram avaliados clinicamente para se detectar a presença de alterações relacionados a alterações ao aparelho

locomotor e/ou sistema nervoso, que afetariam a locomoção normal do cão, excluindo-se as alterações clínicas decorrentes do quadro de DCF. Foram excluídos animais que mostraram sinais de claudicação uni ou bilateral, de hipotrofia muscular dos membros anteriores, de dor à palpação da coluna lombar, de alterações nos reflexos anais ou patelares, de alterações de propriocepção, de reflexo de pânículo alterado, de dor superficial ou profunda alteradas e de tônus inadequado da cauda.

### 4.3. Avaliação Morfológica

As medidas morfométricas utilizadas para caracterizar a amostra de cães foram o comprimento dos ossos úmero, rádio e ulna, carpo e metacarpo, fêmur, tíbia e fíbula, tarso e metatarso e falanges. Também foram medidas as alturas da cernelha e garupa, bem como o comprimento da coluna vertebral. Todas as medidas foram feitas com o animal em estação, utilizando-se de uma fita métrica. As mensurações foram feitas sempre pelo mesmo examinador, que detectou os pontos anatômicos mediante palpação. Foram realizadas pelo menos três repetições de cada medida e utilizada a média delas.

### 4.4. Exame Cinemático

#### 4.4.1. Preparação dos animais para o estudo cinemático

Os marcadores luminosos foram desenvolvidos, exclusivamente para o experimento, utilizando lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), fixados em semi esferas de isopor com 2,5 centímetros de raio (Figura 2). A fixação dos marcadores diretamente na pele dos cães foi realizada com cola de cianoacrilato<sup>1</sup>, sempre pelo mesmo examinador (Figura 3), no intuito de

reduzir o erro experimental. Durante esse procedimento, os animais permaneceram em estação, com os quatro membros firmemente apoiados no solo. Após o posicionamento dos marcadores, foram obtidos os dados morfométricos dos segmentos corporais, utilizando uma fita métrica. Os 16 pontos anatômicos foram definidos conforme protocolo de modelo linear sagital, proposto por Torres e colaboradores (2010) e relacionados a seguir:

1. Ponto médio da espinha da escápula;
2. Ponto centro-lateral da articulação escápulo-umeral;
3. Ponto centro-lateral da articulação úmero-radial;
4. Ponto central da face lateral da articulação cárpica;
5. Ponto central da face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro torácico esquerdo;
6. Ponto central da face medial da articulação interfalangeana proximal do membro torácico direito;
7. Transição tóraco-lombar entre os processos espinhosos das vértebras torácica 13 e 1ª vértebra lombar;
8. Processo espinhoso da 3ª vértebra lombar (L3);
9. Transição lombo-sacral entre os processos espinhosos das vértebras 7ª lombar (L7) e 1ª sacral (S1);
10. Transição sacro-coccígea entre os processos espinhosos das vértebras 3ª sacral (S3) e 1ª coccígea (Cc1);
11. Ponto central da face lateral da tuberosidade coxal do osso ílio;
12. Trocanter maior do fêmur, na articulação coxofemoral;
13. Ponto central da face lateral da articulação fêmorotibiopatelar, na região entre o epicôndilo e o côndilo lateral do fêmur;
14. Ponto central da face lateral da articulação do tarso;

---

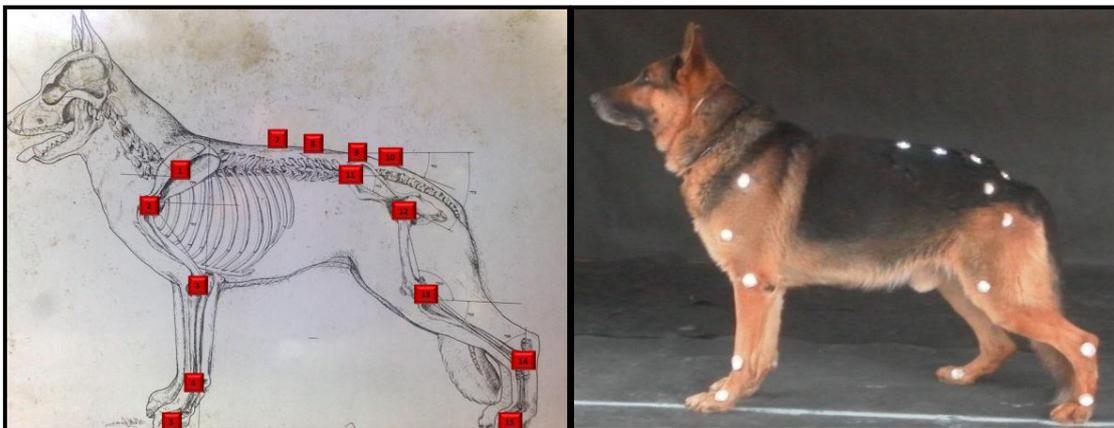
<sup>1</sup> *Super Bond*<sup>®</sup>

15. Terço distal da face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro pélvico esquerdo;

16. Terço distal da face medial da articulação interfalangeana proximal do membro pélvico direito



**Figura 2** - Marcador de isopor com lâmpada LED desenvolvido para o experimento em cinemática: (A) marcador luminoso com lâmpada LED apagada; (B) marcador luminoso com lâmpada LED acesa.



**Figura 3** - Posição dos 16 marcadores LED nos animais do estudo cinemático.

#### 4.4.2. Local e equipamentos

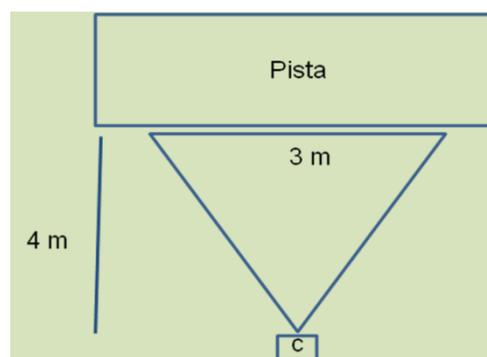
A obtenção das imagens utilizadas para a análise cinemática foi realizada no Canil Companhia de Cães, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais. Para controlar a luminosidade da área de filmagem foi montado um cenário com tecido-não-tecido (TNT) preto, posicionado no piso e parede

posterior a marcação para passagem dos cães. Além deste, foi posicionada no solo uma faixa de espuma vinílica acetinada (EVA) marcada com uma faixa branca, sendo esta espuma utilizada para demarcar a área de passagem dos animais e evitar a perda de aderência com o solo durante o andamento dos mesmos (Figura 4).



**Figura 4** - Cenário montado no Canil Companhia de Cães, na cidade de Nova Lima, Minas Gerais, com TNT (tecido não tecido) e espuma EVA (Espuma vinílica acetinada) para a realização das filmagens dos animais participantes do estudo.

A obtenção das imagens foi realizada com câmera filmadora<sup>2</sup> com frequência de aquisição de 100 Hz, conectada a um computador no qual fora instalado o *software* de análise de imagens<sup>3</sup> para registro e armazenamento dos dados coletados. O equipamento de filmagem foi posicionado a 4 metros, perpendicularmente ao plano de filmagem montado (Figuras 5 e 6), de forma que esse plano apresentasse 3 metros no ponto central da pista, proporcionando distância suficiente para que o animal fosse filmado com seu andamento natural e possibilitando a captura de, pelo menos, três passadas completas válidas.



**Figura 5** - Visão esquemática do local de filmagem (Pista - Pista de filmagem: C - Filmadora fixada a um tripé a 4 m da pista em uma perpendicular ao centro).

<sup>2</sup> Basler A602fc®

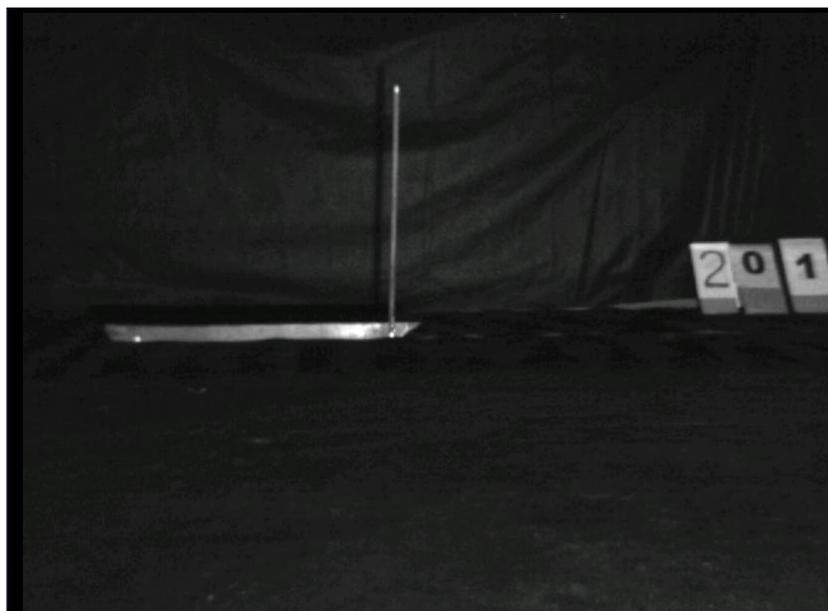
<sup>3</sup> Simi Reality Motion Systems® 4.7, 3D



**Figura 6** – (A) Posicionamento do equipamento de filmagem no set de filmagem, durante a obtenção das imagens do experimento. (B) Visão de operador no monitor do equipamento durante a passagem dos cães na pista de filmagem.

O primeiro passo antes da obtenção das imagens dos animais foi a calibração do espaço onde foram realizadas as filmagens. Essa calibração foi feita no software de captura e análise das imagens. Para isso foi gravada uma imagem com um esquadro de calibração com dimensões de um metro de

comprimento e um metro de altura (Figura 7). A calibração consiste em definir no programa os eixos das coordenadas horizontais e verticais com medidas conhecidas, possibilitando, dessa forma, determinação do deslocamento dos marcadores no plano bidimensional.



**Figura 7** – Esquadro de madeira com um metro de comprimento e um metro de altura, posicionado no plano de filmagem para calibração do software de aquisição e análise de imagens. Placa indicativa com número do cão filmado (20) e o número (1) da tomada.

#### 4.4.3. Captura das imagens para análise cinemática

Cada cão realizou cinco passagens válidas pela pista, sempre conduzidos pelo mesmo condutor. Dessas, foram selecionadas três, cujos critérios de seleção das passagens

foram: velocidade média entre 1,3 e 1,8 m/s, animais conduzidos ao lado do condutor, sem tracionarem a guia, sempre em linha reta sobre a demarcação, olhando para frente e sem movimentar lateralmente o pescoço (Figura 8).



**Figura 8** – Exemplificação de um cão da raça Pastor Alemão utilizado no experimento, sendo conduzido na pista de filmagem, durante a captura das imagens.

A medição da velocidade média do animal foi realizada no *software*, subtraindo-se o tempo inicial do tempo final da passada. O valor obtido para a amplitude da passada é então dividido por essa diferença.

#### 4.5. Análise cinemática

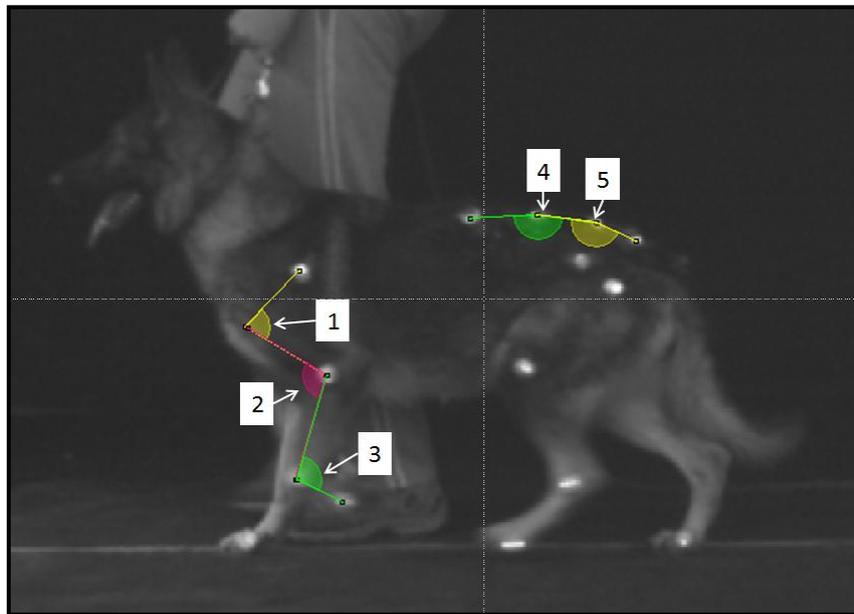
As imagens foram analisadas no Núcleo de Genética Equídea da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Para Tanto, utilizou-se o programa *Simi Reality Motion Systems*® 4.7, 3D, empregando-se a metodologia de análise dos ângulos por meio de imagens, adaptada do protocolo utilizado por Hottinger e colaboradores (1996).

Para a comparação entre os animais estudados foram obtidos os valores máximos e mínimos dos ângulos das

articulações, escápulo-umeral, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpo, coxofemoral, fêmoro-tibial, túbio-tarso-metatarso e os ângulos localizados na coluna vertebral, com o vértice na 3ª vértebra lombar e na transição lombo-sacral. Esses valores angulares foram aferidos durante as fases de máxima extensão e máxima flexão dos membros.

A descrição do movimento foi complementada com a avaliação das seguintes variáveis cinemáticas lineares: a altura máxima dos membros torácico e pélvico na fase de balanço, o comprimento da passada e alturas máximas e mínimas da transição tóraco-lombar, processo espinhoso da vértebra L3, transição lombo-sacral e transição sacro-coccígea, conforme descrito a seguir e vistos nas Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15:

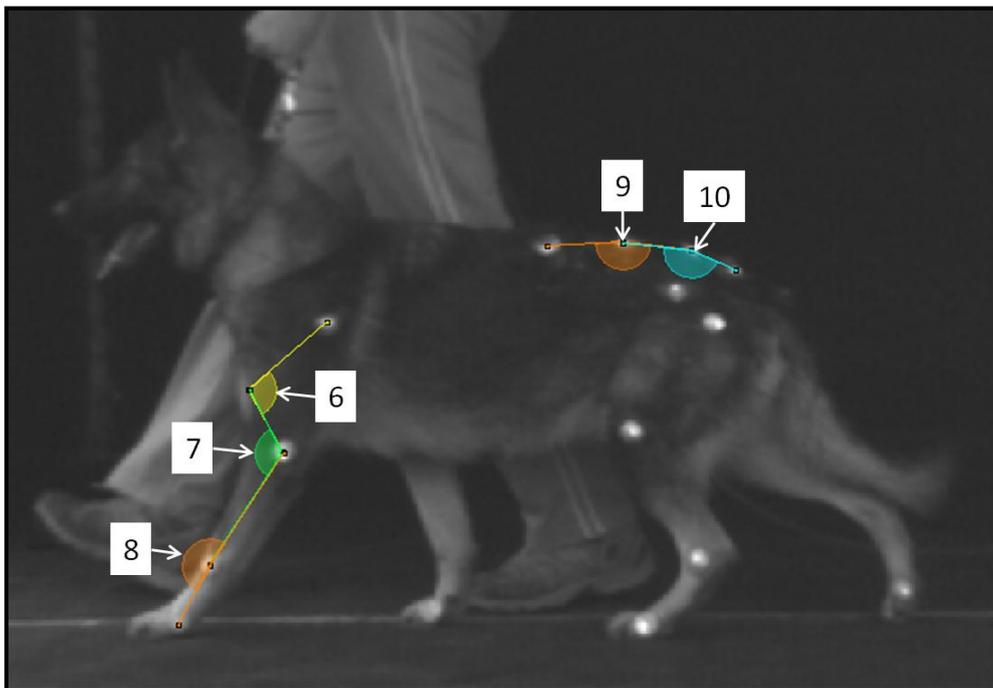
1. Ângulo escápulo-umeral, no momento de flexão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto médio da espinha da escápula, o ponto central da articulação escápulo-umeral e o ponto central da articulação úmero-radial.
2. Ângulo úmero-radial, no momento de flexão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da articulação escápulo-umeral, o ponto central da articulação úmero-radial e o ponto central da face lateral da articulação cárpica.
3. Ângulo rádio-carpo-metacarpo, no momento de flexão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da articulação úmero-radial, o ponto central da face lateral da articulação cárpica e o ponto central da face lateral da articulação interfalangeana do membro torácico.
4. Ângulo coluna 1 (L3), no momento de flexão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central dos processos espinhosos das vértebras T13 e L1, o processo espinhoso de L3 e o ponto central entre os processos espinhosos das vértebras L7 e S1.
5. Ângulo coluna 2 (L7), no momento de flexão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o processo espinhoso de L3, o ponto central entre os processos espinhosos das vértebras L7 e S1 e o ponto central entre os processos espinhosos S3 e Cc1.



**Figura 9** – Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima flexão do membro torácico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 1 - ângulo escápulo-umeral; 2 - ângulo úmero-radial; 3 - ângulo rádio-carpo-metacarpo; 4 - ângulo coluna 1 (L3); 5 - ângulo coluna 2 (L7).

6. Ângulo escápulo-umeral, no momento de extensão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto médio da espinha da escápula, o ponto central da articulação escápulo-umeral e o ponto central da articulação úmero-radial.

7. Ângulo úmero-radial, no momento de extensão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da articulação escápulo-umeral, o ponto central da articulação úmero-radial e o ponto central da face lateral da articulação cárpica.
8. Ângulo rádio-carpo-metacarpo, no momento de extensão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da articulação úmero-radial, o ponto central da face lateral da articulação cárpica e o ponto central da face lateral da articulação interfalangeana do membro torácico.
9. Ângulo coluna 1 (L3), no momento de extensão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados no ponto central entre os processos espinhosos das vértebras T13 e L1, o processo espinhoso de L3 e o ponto central entre os processos espinhosos das vértebras L7 e S1.
10. Ângulo coluna 2 (L7), no momento de extensão máxima do membro torácico: formado pelos marcadores fixados entre o processo espinhoso de L3, o ponto central entre os processos espinhosos das vértebras L7 e S1 e o ponto central entre os processos espinhosos S3 e Cc1.

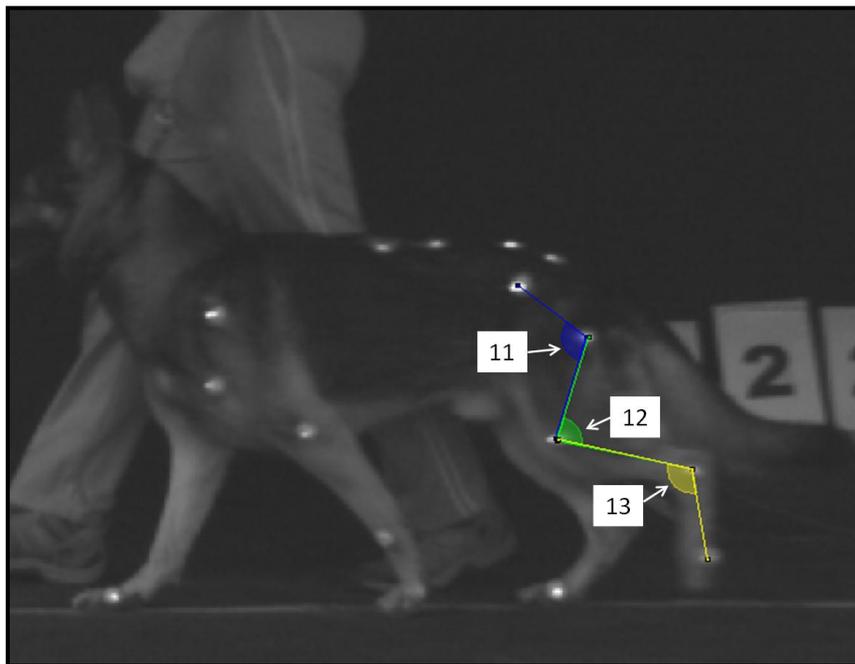


**Figura 10** – Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima extensão do membro torácico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 6 - ângulo escápulo-umeral; 7 - ângulo úmero-radial; 8 - ângulo rádio-carpo-metacarpo; 9 - ângulo coluna 1 (L3); 10 - ângulo coluna 2 (L7).

11. Ângulo coxofemoral, no momento de flexão máxima do membro pélvico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da face lateral da tuberosidade coxal do osso ílio, o trocanter maior do fêmur e o ponto central da face lateral da articulação femorotibiopatelar.

12. Ângulo fêmoro-tibial, no momento de flexão máxima do membro pélvico: formado pelos marcadores fixados entre o trocanter maior do fêmur, o ponto central da face lateral da articulação femorotibiopatelar e o ponto central da face lateral da articulação társica.
13. Ângulo tíbio-tarso-metatarso, no

momento de flexão máxima do membro pélvico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da face lateral da articulação femorotibiopatelar, o ponto central da face lateral da articulação társica e o terço distal da face lateral da articulação interfalangeana do membro pélvico.

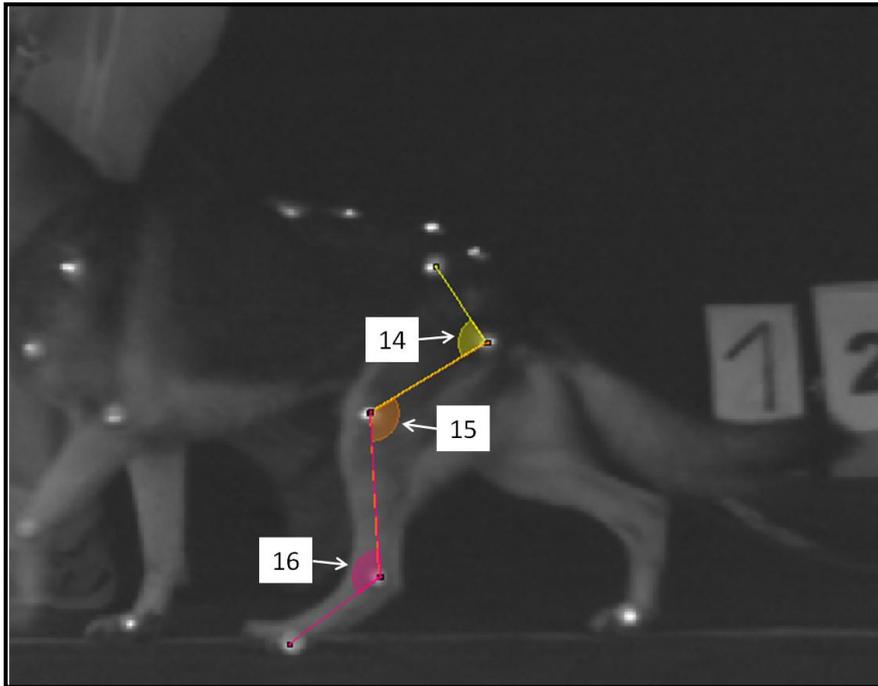


**Figura 11** – Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima flexão do membro pélvico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 11 - ângulo coxofemoral; 12- ângulo fêmoro-tibial; 13 - ângulo tíbio-tarso-metatarso.

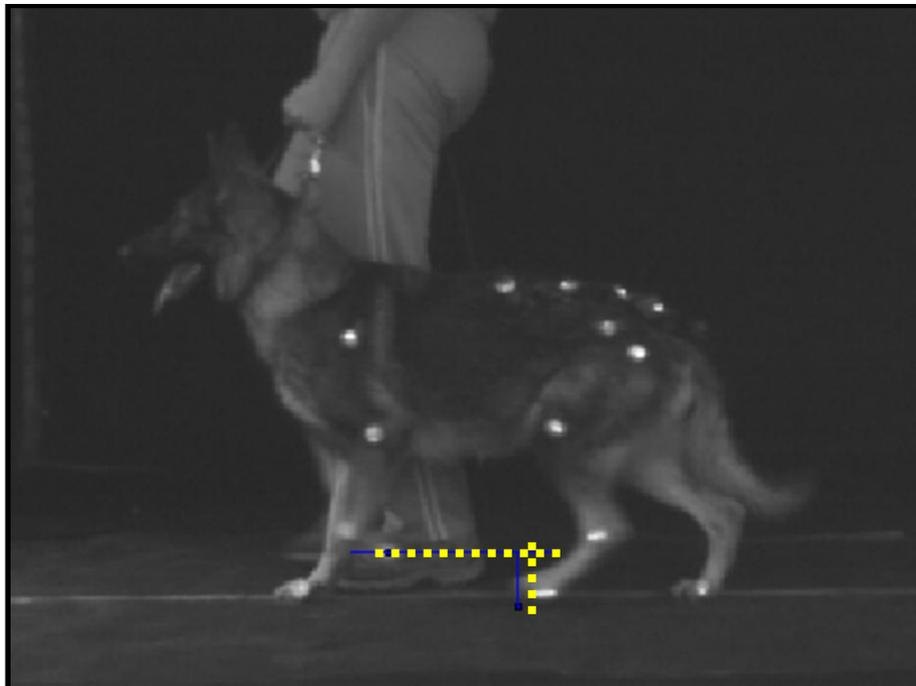
14. Ângulo coxofemoral, no momento de extensão máxima do membro pélvico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da face lateral da tuberosidade coxal do osso ílio, o trocanter maior do fêmur e o ponto central da face lateral da articulação femorotibiopatelar.
15. Ângulo fêmoro-tibial, no momento de extensão máxima do membro pélvico: formado pelos marcadores fixados entre o trocanter maior do fêmur, o ponto central da face lateral da

articulação femorotibiopatelar e o ponto central da face lateral da articulação társica.

16. Ângulo tíbio-tarso-metatarso, no momento de extensão máxima do membro pélvico: formado pelos marcadores fixados entre o ponto central da face lateral da articulação femorotibiopatelar, o ponto central da face lateral da articulação társica e o terço distal da face lateral da articulação interfalangeana do membro pélvico.



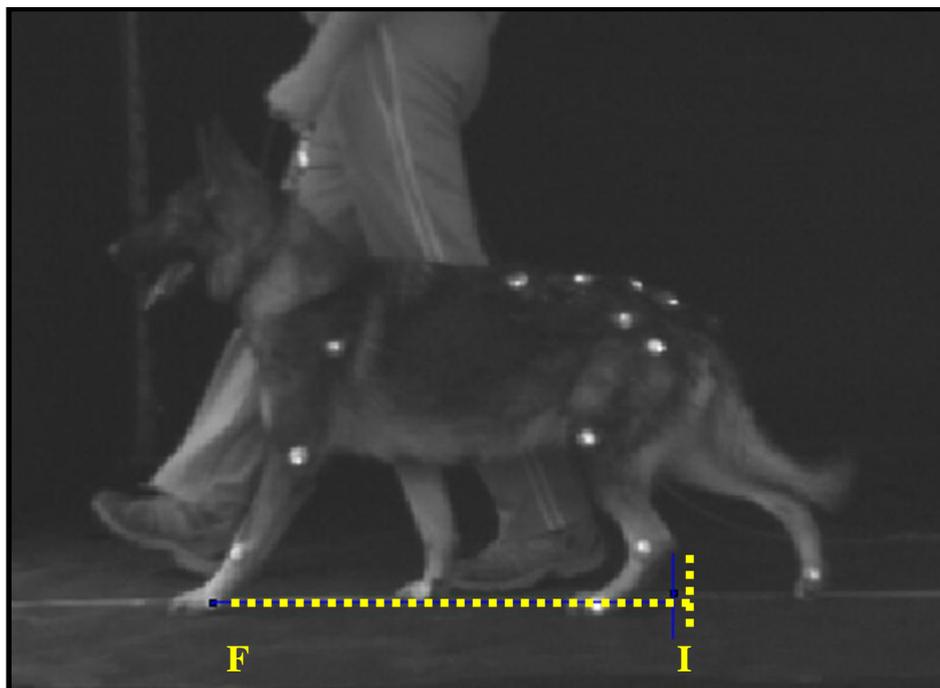
**Figura 12** – Representação esquemática dos ângulos articulares no momento de máxima extensão do membro pélvico, em um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção: 14 - ângulo coxofemoral; 15 - ângulo fêmoro-tibial; 16 - ângulo tíbio-tarso-metatarso.



**Figura 13** - Representação esquemática da altura máxima do membro torácico esquerdo durante a passada de um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção.



**Figura 14** - Representação esquemática da altura máxima do membro pélvico esquerdo durante a passada de um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção.



**Figura 15** - Representação esquemática do comprimento da passada de um cão da raça Pastor Alemão, durante a filmagem para análise cinemática da locomoção. Onde: (I) indica o local inicial da passada; (F) indica o local de término da passada medida.

Para avaliar o deslocamento angular das articulações estudadas durante a locomoção, foi calculada a AMA, subtraindo-se os valores angulares no início da fase de apoio e o momento de flexão máxima dos membros (Hottinger et al., 1996).

## 4.6. Exame Radiográfico

### 4.6.1. Local e equipamentos

As imagens radiográficas foram obtidas utilizando-se equipamento<sup>4</sup> da Escola de Veterinária da UFMG. Para realização do MRC, foram utilizados cassetes radiográficos CR de iodo<sup>5</sup>, com 14 x 17 in (35,56 x 43,18 cm). Os animais foram posicionados em decúbito dorsal, com os membros pélvicos estendidos, rotacionados internamente de modo que a patela permanecesse sobreposta em relação ao

plano sagital do fêmur, paralelos entre si e em relação à coluna vertebral e à pélvis em simetria (Figuras 16 e 17) (Tôrres, 2003).

Para obtenção das imagens radiográficas no MRD, foram utilizados cassetes radiográficos CR de iodo<sup>2</sup> com 11 x 14 in (27,94 x 35,56 cm). Os animais foram colocados em decúbito dorsal com os membros pélvicos em posição neutra (entre 10° flexão e 30° de extensão, 10° e 30° de abdução, e 0° e 10° de rotação externa) e os joelhos ficaram fletidos formando um ângulo de 90° entre o fêmur e a tíbia/fíbula. Depois de o animal ser corretamente posicionado, o Distrator Articular modelo EV-UFMG<sup>6</sup> foi ajustado entre os membros pélvicos, de forma que suas barras fossem apoiadas na face interna das coxas, próximo à pélvis (Figuras 18 e 19). Os fêmures foram aduzidos para que as cabeças femorais fossem forçadas a saírem do acetábulo.



**Figura 16** - Posicionamento do cão da raça Pastor Alemão, para realização do Método Radiográfico Convencional.

<sup>4</sup>Aparelho VMI – VMI Ind. Aparelhos Radiológicos.

<sup>5</sup>Cassete Reguis Model 170 – Konica Minolta Medical Imaging EUA, Inc.



**Figura 17** - Imagem radiográfica das articulações coxofemorais de cão da raça Pastor Alemão, com DCF Grave, posicionado para o Método Radiográfico Convencional.



**Figura 18** - Posicionamento do cão da raça Pastor Alemão, para realização do MRD, utilizando Distrator Articular modelo EV-UFMG<sup>®</sup>.



**Figura 19** - Imagem radiográfica das articulações coxofemorais de cão da raça Pastor Alemão, obtida com o uso do Distrator Articular modelo EV-UFGM<sup>®</sup>.

Para a realização das imagens radiográficas, a quilovoltagem utilizada variou de 72 a 76 kV, miliamperagem em 200 mA, com um tempo de exposição entre 0,1 e 0,15 segundo, dependendo do volume de massa muscular dos cães. O foco foi posicionado a 100 cm das articulações coxofemorais.

#### **4.7. Avaliação Radiográfica**

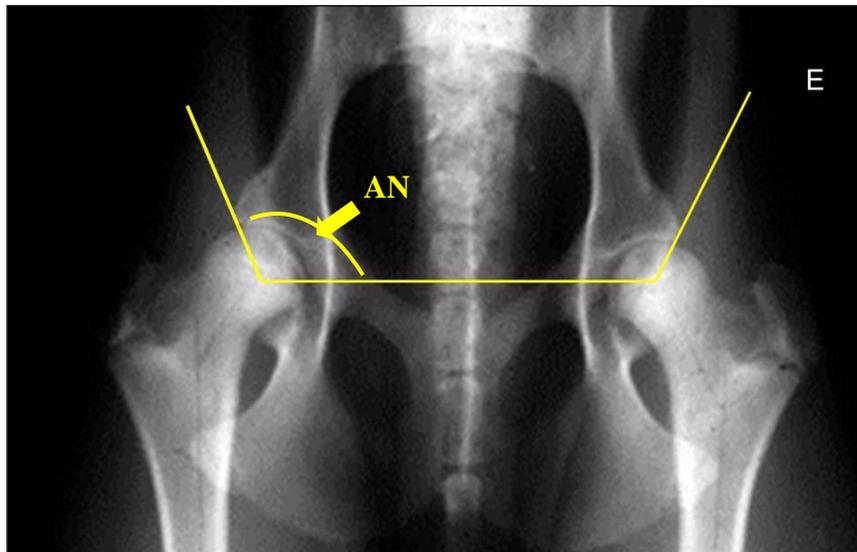
Para a avaliação da relação entre a cabeça do fêmur e o acetábulo nas imagens radiográficas, mediu-se o ângulo de

Norberg, conforme Brass e colaboradores (1978) (Figura 20), e calculou-se o índice de distração, conforme Smith (1990) (Figura 21), utilizando *software* de análise de imagens EMR Manager<sup>7</sup>. Para cada imagem radiográfica analisada, as medições foram repetidas três vezes, sendo consideradas as médias obtidas. A avaliação qualitativa das imagens radiográficas foi realizada conforme classificação proposta por Brass e colaboradores (1978).

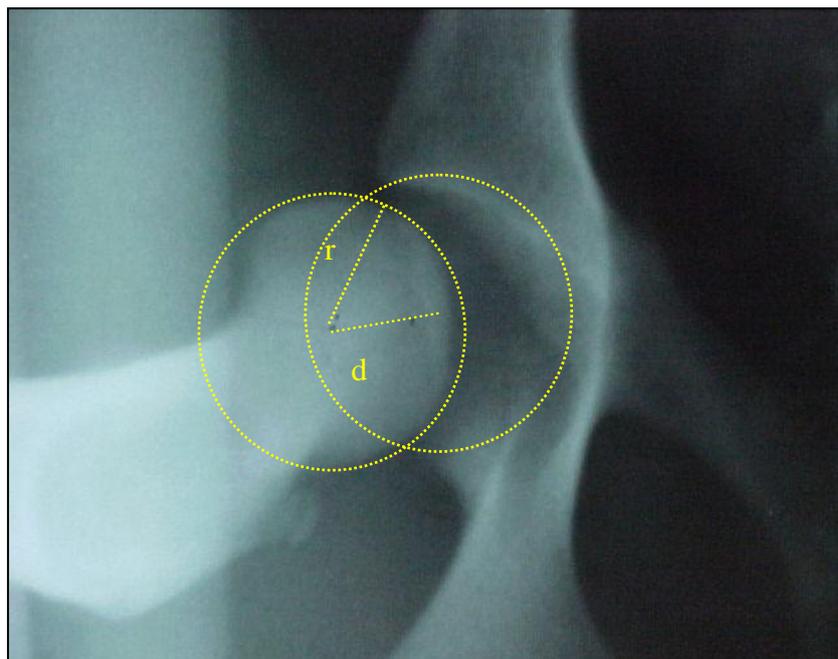
---

<sup>6</sup> Distrator articular modelo EV-UFGM<sup>®</sup>.

<sup>7</sup>EMR Manager versão 7.2 – Vepro AG - Germany



**Figura 20** - Detalhe da imagem radiográfica da articulação coxofemoral de cão da raça Pastor Alemão, obtida pelo MRC, demonstrando as marcações utilizadas para aferição do ângulo de Norberg (AN).



**Figura 21** - Detalhe da imagem radiografia da articulação coxofemoral direita de cão da raça Pastor Alemão, obtida pelo MRD, demonstrando as marcações da circunferência da cabeça femoral e do acetábulo, onde **d** é a distância entre os centros da cabeça do fêmur e do acetábulo e **r** o raio da cabeça do fêmur, utilizadas para o cálculo do ID.

#### 4.8. Resumo das variáveis avaliadas no experimento

Na Tabela 2, são relacionadas todas as variáveis cinemáticas, morfométricas e radiográficas, utilizadas no experimento, para avaliação dos cães da raça Pastor Alemão adultos.

#### 4.9. Contenção

Para a realização do exame radiográfico, os animais foram contidos utilizando-se o seguinte protocolo de sedação: sulfato de atropina na dose de 0,044 mg/kg via subcutânea. Após 10 minutos, foi administrado cloridrato de xilazina (0,5 mg/kg) via intramuscular e, 10 minutos após, aplicou-se diazepam (0,5 mg/kg) via intravenosa.

**Tabela 2** – Descrição das variáveis cinemáticas, morfométricas e radiográficas, utilizadas no experimento.

Variáveis estudadas	Categoria
Amplitude da passada do membro torácico (m)	Cinemática
Altura máxima do membro torácico (m)	Cinemática
Altura máxima do membro pélvico (m)	Cinemática
Alturas máxima e mínima da coluna vertebral na transição toráco-lombar (m)	Cinemática
Alturas máxima e mínima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar (m)	Cinemática
Alturas máxima e mínima da coluna vertebral na transição lombo-sacral (m)	Cinemática
Alturas máxima e mínima da coluna vertebral na transição sacro-coccígea (m)	Cinemática
Ângulo escápulo-umeral em extensão e flexão máximas (°)	Cinemática
Ângulo úmero-radial em extensão e flexão máximas (°)	Cinemática
Ângulo rádio-carpo-metacarpo em extensão e flexão máximas (°)	Cinemática
Ângulo coluna 1 (L3), na fase de balanço e na fase de apoio do membro (°)	Cinemática
Ângulo coluna 2 (L7), na fase de balanço e na fase de apoio do membro (°)	Cinemática
Ângulo coxofemoral em extensão e flexão máximas (°)	Cinemática
Ângulo fêmoro-tibial em extensão e flexão máximas (°)	Cinemática
Ângulo tíbio-tarso-metatarso em extensão e flexão máximas (°)	Cinemática
Altura da coluna vertebral na transição toráco-lombar, em estação (m)	Cinemática
Altura da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar, em estação (m)	Cinemática
Altura da coluna vertebral na transição lombo-sacral, em estação (m)	Cinemática
Altura da coluna vertebral na transição sacro-coccígea, em estação (m)	Cinemática
Comprimento do Fêmur (m)	Morfométrica
Comprimento da Tíbia (m)	Morfométrica
Comprimento do Metatarso (m)	Morfométrica
Comprimento do Úmero (m)	Morfométrica
Comprimento do Rádio (m)	Morfométrica
Comprimento do Metacarpo (m)	Morfométrica
Altura da Cernelha (m)	Morfométrica
Altura da Garupa (m)	Morfométrica
Comprimento da Coluna Vertebral (m)	Morfométrica
Ângulo de Norberg (°)	Radiográfica
Índice de distração	Radiográfica

L3 - 3ª vértebra lombar; L7 - 7ª vértebra lombar; (°) – ângulo; (m) metro.

#### 4.10. Análise Estatística

A análise descritiva foi feita utilizando a distribuição de frequência para variáveis categóricas e medidas de tendência central para variáveis contínuas.

Considerando que todos os cães do experimento têm idade superior a 24 meses, o MRC foi o padrão ouro de diagnóstico da DCF, por sua vez, nessa idade é possível detectar alterações radiográficas da DAD na mesma imagem utilizada para aferição do AN. Para a comparação entre os valores do AN com os demais parâmetros cinemáticos, morfométricos e radiográficos, foram considerados os seus menores valores encontrados, desta forma, ele foi avaliado como uma variável para análise dos dados contínuos.

Utilizando o MRC como padrão-ouro, foi calculada a sensibilidade e a especificidade do MRD. Os resultados do MRC e MRD foram categorizados e os animais classificados como displásicos e não displásicos.

Foi feita análise de correlação de Pearson utilizando a variável AN como resposta. As variáveis que mostraram associação com valor  $p < 0,20$  foram incluídas na análise de regressão linear múltipla. A adequação do modelo foi avaliada pela análise gráfica dos resíduos. O objetivo dessa análise é verificar quais as possíveis variáveis explicativas para os menores valores de AN (Sampaio, 2002).

Para todas as análises, foi utilizado nível de significância de 0,05 e intervalo de confiança de 95%. As análises foram realizadas no *software* SPSS 16.0.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 19 cães participantes do experimento, 16 foram avaliados por meio da análise cinemática e radiográfica, sendo oito machos e oito fêmeas. Para a análise dos dados, foram consideradas as três passagens por animal, o que resultou em uma amostra de 48 medidas.

A raça Pastor Alemão foi escolhida para esse trabalho por apresentar elevada prevalência de DCF. Dos animais avaliados, 62,5% foram classificados com algum grau de DCF, seguindo os critérios do CBRV. Esse resultado é semelhante aos observados por Vieira e colaboradores (2010), Tôres (2003), Tôres e colaboradores (1999<sup>b</sup>) e Tôres (1993). Contudo, a prevalência foi superior à divulgada pela OFA (2012) em seu mais recente levantamento, no qual 19% das radiografias avaliadas foram qualificadas com algum grau DCF. A elevada frequência observada nos estudos realizados no Brasil, transparece a ineficácia dos métodos de controle adotados pelos clubes de criação no país, provavelmente por falha nos critérios de seleção de reprodutores livres da DCF, que são baseados no MRC, preconizado pelo CBRV. A idade mínima de 24 meses para a realização do MRC é outro ponto falho nos programas de controle da DCF, tendo em vista que, nessa fase, os cães já estão maduros sexualmente e os criadores não esperam o resultado definitivo do exame radiográfico para introduzi-los nos programas de reprodução (Tôres, 2003; Tôres et al., 2005; Froes, 2011).

No presente estudo, a distribuição de animais displásicos de acordo com o gênero, foi semelhante ao encontrado por Tôres e colaboradores (1999<sup>b</sup>), que mostrou machos e fêmeas da espécie canina acometidos em igual proporção (Tôres et al., 1999<sup>b</sup>).

A idade média dos cães avaliados foi de quatro anos e dez meses, o que permitiu a utilização do MRC como padrão-ouro para o diagnóstico, tendo em vista que vários pesquisadores (Brass, 1989; Smith et al., 1993; Tôres et al., 2005; Froes, 2011) demonstram que a eficácia desta técnica varia entre 92 e 95%, quando realizada após os dois anos de idade. A alta sensibilidade do MRC, quando realizado em animais adultos, é justificada pela utilização associada da aferição do AN e a avaliação dos sinais radiográficos da DAD, presentes nos animais displásicos nesta idade (Tôres, 2003; Tôres et al., 2007; Rislér et al., 2009; Vanden Berg-Foels et al., 2011; Froes, 2011).

Tendo como referencia o MRD, pode-se afirmar que 11 cães foram qualificados com ID normal. Entretanto, sete destes cães considerados normais, quando avaliados pelo MRD, foram classificados como displásicos por meio do MRC (Tabela 3) e isso indica que são resultados falso-

negativos. Também é possível verificar na mesma tabela, que os animais com resultados discordantes têm idade acima dos 30 meses. Esse resultado pode ser explicado por uma menor complacência das estruturas articulares nos cães adultos e doentes, fato que impede uma distensão completa da cápsula articular e, por consequência, reduz a eficácia do MRD nessa idade (Tôres, 2003; Ginja et al., 2009).

A Tabela 4 apresenta os resultados da ANOVA entre os diagnósticos do MRC, do MRD com a idade dos animais. Observa-se a existência de associação significativa entre a idade mais avançada dos cães e o MRC, sendo que, o mesmo não ocorre com o MRD. Isso mostra que, em animais adultos, o MRC apresenta uma sensibilidade maior que o MRD para o diagnóstico de DCF na medida em que a idade avança, concordando com Tôres (2003).

**Tabela 3.** Distribuição dos resultados do diagnóstico da DCF, por meio do MRC e MRD, comparados com a idade, de 16 cães da raça Pastor Alemão adultos.

Nº Animal	Diagnóstico DCF – MRC	Diagnóstico DCF - MRD	Idade (anos)
<b>6</b>	<b>DCF Média</b>	<b>Normal*</b>	<b>8,40</b>
7	Normal	Normal	7,50
8	Suspeito	Normal	3,10
<b>9</b>	<b>DCF Leve</b>	<b>Normal*</b>	<b>10,96</b>
11	DCF Leve	Displásico	2,35
<b>12</b>	<b>DCF Leve</b>	<b>Normal*</b>	<b>3,66</b>
14	DCF Leve	Displásico	4,63
<b>15</b>	<b>DCF Leve</b>	<b>Normal*</b>	<b>7,24</b>
<b>16</b>	<b>DCF Leve</b>	<b>Normal*</b>	<b>3,16</b>
<b>17</b>	<b>DCF Média</b>	<b>Normal*</b>	<b>4,88</b>
18	DCF Leve	Displásico	7,24
<b>20</b>	<b>DCF Leve</b>	<b>Normal*</b>	<b>2,92</b>
21	Normal	Normal	2,68
22	Normal	Normal	2,39
23	DCF Grave	Displásico	4,00
24	DCF Leve	Displásico	2,00

\*Animais que apresentaram resultados discordantes na avaliação por meio do MRC (método radiográfico convencional) e MRD (método radiográfico em distração).

**Tabela 4.** Resultados da análise de variância entre os diagnósticos do MRC e do MRD com a idade de cães da raça Pastor Alemão adultos.

<b>Categoria</b>	<b>Idade Média</b>	<b>Desvio-padrão</b>	<b>p</b>
MRC – não displásico	3,59	1,82	0,011*
MRC – displásico	5,54	2,75	
MRD – não displásico	5,16	2,81	0,172
MRD – displásico	4,05	1,94	

\* Valor-p <0,05 - MRC (método radiográfico convencional) e MRD (método radiográfico em distração).

O estudo da correlação entre o AN e o ID, mostrou-se significativo e negativo entre si e entre os lados esquerdo e direito, ou seja, quanto menor o AN, maior será o valor de ID (Tabela 5). Esse resultado é concordante com Smith e colaboradores (1990), Tôrres e colaboradores (2005) e Ginja e colaboradores (2009). Entretanto, a correlação observada foi moderada e,

possivelmente por isso, a utilização isolada do MRD tenha se mostrado pouco eficaz, nos animais com mais de 30 meses de idade. Com valores de sensibilidade de 75% e especificidade de 44%, reforçam o proposto por Froes (2011), que sugere a realização do MRC para animais adultos e somente nos casos de resultados negativos deve-se utilizar o MRD.

**Tabela 5.** Correlações entre as médias dos resultados do AN e ID, das articulações esquerda e direita, de 16 cães da raça Pastor Alemão adultos.

		<b>ID esquerda</b>	<b>ID direita</b>
AN esquerda	R	-0,379	-0,478
	p	0,008	0,001
AN direita	R	-0,573	-0,627
	p	0,000	0,000

AN – ângulo de Norberg; ID – índice de distração.

A Tabela 6 apresenta os resultados descritivos das medidas angulares dos segmentos corporais estudados. Os valores destacados na Tabela 6 e 7 são semelhantes aos descritos por Hottinger e colaboradores (1996) e Silva (2006), em cães de grande porte de raças diversas. Entretanto, a grande variabilidade morfológica entre as raças

de cães, não permite uma comparação estatística entre os resultados verificados neste estudo com os dados da literatura, já que, os valores cinemáticos devem ser comparados de forma intra-racial (Nunamaker e Blauner, 1985; Bennett et al., 1996; Souza, 2009).

**Tabela 6.** Distribuição descritiva das medidas angulares em máxima flexão e extensão, e amplitude de movimento (AMA) das articulações avaliadas no estudo cinemático de 16 cães da raça Pastor Alemão adultos, durante a caminhada.

Variáveis		Média	Desvio-padrão
Ângulo escápulo-umeral (°)	Flexão*	<b>109,03</b>	<b>16,13</b>
	Extensão*	<b>129,80</b>	<b>18,56</b>
	AMA	-20,77	8,95
Ângulo úmero-radial (°)	Flexão*	<b>105,65</b>	<b>17,55</b>
	Extensão*	<b>131,05</b>	<b>13,09</b>
	AMA	-25,39	19,66
Ângulo rádio-carpo-metacarpo (°)	Flexão*	<b>97,29</b>	<b>18,31</b>
	Extensão	170,63	9,65
	AMA	-73,35	23,70
Ângulo coxofemoral (°)	Flexão	131,28	14,77
	Extensão	103,56	12,24
	AMA*	<b>27,72</b>	<b>9,75</b>
Ângulo fêmoro-tibial (°)	Flexão*	<b>105,62</b>	<b>20,32</b>
	Extensão*	<b>130,45</b>	<b>16,59</b>
	AMA	-24,84	23,71
Ângulo tíbio-tarso-metatarso (°)	Flexão*	<b>126,43</b>	<b>15,45</b>
	Extensão	120,39	12,25
	AMA	6,04	13,17
Ângulo coluna 1 (L3) (°)	Flexão	172,93	5,42
	Extensão	173,04	4,78
	AMA	-,020	2,60
Ângulo coluna 2 (L7) (°)	Flexão	171,35	28,53
	Extensão	164,20	6,88
	AMA	7,16	28,58

\* valores semelhantes aos observados por Hottinger e colaboradores (1996) e Silva (2006);

AMA – amplitude do movimento articular; (°) – ângulo; L3 - 3ª vértebra lombar; L7 - 7ª vértebra lombar.

A descrição das medidas cinemáticas lineares complementa a análise do movimento durante a caminhada. Os valores obtidos neste estudo estão apresentados na Tabela 7. Três parâmetros cinemáticos lineares destacam-se na avaliação locomotora dos cães, a amplitude da passada, ou comprimento da passada, e as alturas máximas dos membros torácicos e pélvicos (Nunamaker e Blauner, 1985; Hottinger et al., 1996; Poy et al., 2000). Animais displásicos, podem apresentar

aumento da amplitude da passada e redução da altura máxima dos membros (Bennett et al., 1996; Poy et al., 2000; Souza, 2009). As demais variáveis cinemáticas estudadas descrevem a movimentação no plano vertical, do segmento toráco-lombar da coluna vertebral. Entretanto, não foram encontrados registros de avaliações semelhantes na literatura consultada, fato que determina o possível ineditismo da descrição destes parâmetros.

**Tabela 7.** Distribuição descritiva dos parâmetros cinemáticos lineares estudados em 16 cães da raça Pastor Alemão adultos durante a caminhada.

Variáveis	Média	Desvio-padrão
Amplitude da passada do membro torácico (m)	0,9792	0,08722
Altura máxima do membro torácico (m)	0,1015	0,02888
<b>Altura máxima do membro pélvico (m)*</b>	<b>0,0775</b>	<b>0,01176</b>
Altura máxima da coluna vertebral na transição toráco-lombar (m)	0,6327	0,04616
Altura mínima da coluna vertebral na transição toráco-lombar (m)	0,6173	0,04880
Altura máxima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar (m)	0,6296	0,04361
Altura mínima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar (m)	0,6115	0,04352
Altura máxima da coluna vertebral na transição lombo-sacral (m)	0,619	0,0416
Altura mínima da coluna vertebral na transição lombo-sacral (m)	0,5954	0,04105
Altura máxima da coluna vertebral na transição sacro-coccígea (m)	0,5935	0,04364
Altura mínima da coluna vertebral na transição sacro-coccígea (m)	0,5619	0,04311

\* valores semelhantes aos observados por Hottinger e colaboradores (1996) e Silva (2006);  
(m) – metro.

Os dados morfométricos dos animais estudados, foram obtidos com os animais em estação e estão descritos na Tabela 8. Existem variações no padrão da locomoção canina observadas em raças diferentes, mesmo que o porte seja semelhante. Tais variações são atribuídas a diferenças das medidas corporais (Hottinger et al., 1996; Marghitu et al., 1996). Por esse motivo, a caracterização da marcha deve ser realizada nas diversas raças de cães, no intuito de

fornecer parâmetros de comparação específicos (Silva, 2006). Além disso, a determinação de características morfológicas relacionadas com a manifestação da DCF pode contribuir para a identificação de filhotes que apresentam características morfológicas favoráveis a ocorrência ou não da DCF em idade mais avançada (McLaughlin, 2001; Roberts e McGreevy, 2010).

**Tabela 8.** Distribuição das medidas morfométricas aferidas em 16 cães da raça Pastor Alemão adultos em estação.

Medidas Morfométricas (cm)	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Comprimento do Fêmur	19,44	1,74	16	23
Comprimento da Tíbia	21,94	2,09	18	26
Comprimento do Metatarso	9,59	1,34	8	13
Comprimento do Úmero	17,22	1,67	15	21
Comprimento do Rádio	21,09	1,36	19	24
Comprimento do Metacarpo	7,41	0,62	6	8
Altura da Cernelha	62,84	3,11	57	70
Altura da Garupa	58,94	3,32	54	65
Comprimento da Coluna Vertebral	57,06	3,436	51	61

Os resultados apresentados na Tabela 9 demonstram a existência de correlação negativa entre AN e as alturas máxima e mínima da coluna vertebral, na transição toráco-lombar, e na vértebra L3, ou seja,

quanto menor o valor de AN, maior serão os valores referentes às alturas máxima e mínima no segmento lombar, da coluna vertebral. Como visto anteriormente, não existem dados na literatura consultada sobre

o comportamento da coluna vertebral em cães displásicos. Entretanto, o posicionamento arqueado da coluna vertebral na região estudada, é descrito como uma das possíveis alterações clínicas presente em animais com DCF, provavelmente, esta elevação ocorre para deslocar cranialmente o centro de massa do corpo, como forma de reduzir o peso sustentado pelos membros pélvicos (Fry e Clark, 1992; Tôrres, 1993; Poy et al., 2000; Ferrigno et al., 2007<sup>a</sup>).

Outro resultado, não descrito na literatura consultada é a correlação significativa e negativa entre os valores de AN e os valores angulares de flexão e extensão das articulações do ombro, do cotovelo, do carpo e da transição tóraco-lombar da coluna vertebral. Esses resultados mostram que os cães displásicos apresentam maiores valores flexão e extensão máxima, durante a locomoção, nas articulações relacionadas anteriormente. Tais achados são relevantes, pois os estudos conduzidos por Bennett e colaboradores (1996), Poy e colaboradores (2000) e Bockstahler e seus colaboradores (2007), não avaliaram as alterações cinemáticas nas articulações do membro torácico. As alterações angulares observadas nas articulações do membro torácico, podem ser uma consequência da maior carga sustentada por esses membros nos animais com DCF.

Quanto às medidas lineares obtidas com o animal em estação, o comprimento do úmero, do rádio, do metacarpo e da coluna vertebral, também apresentaram correlação negativa com o AN. Esta correlação entre o comprimento da coluna vertebral e os menores valores de AN concorda com Roberts e McGreevy (2010) que verificaram uma forte correlação positiva entre a prevalência de DCF e o comprimento corporal relativo. Segundo esses autores, raças proporcionalmente mais

longilíneas, excluindo-se as raças condrodistróficas, apresentam maior prevalência de DCF.

A análise de regressão linear múltipla identificou as variáveis que se associam de forma independente com o AN, o que significa que, obtidas de forma isolada, essas variáveis estão presentes em cães adultos da raça Pastor Alemão com DCF e podem ser utilizadas como preditores da ocorrência da doença.

No presente estudo, as variáveis que justificam a ocorrência de DCF em cães da raça Pastor Alemão são: as alturas máxima e mínima da coluna vertebral na 3<sup>a</sup> vértebra lombar, altura mínima da coluna vertebral na transição lombo-sacral, ângulo escápulo-umeral em flexão máxima, ângulo rádio-carpo-metacarpo em extensão máxima, ângulo tíbio-tarso-metatarso em flexão máxima, AMA escápulo-umeral e coxofemoral, comprimento da tíbia e do tarso. Parte desses resultados pode ser decorrente do deslocamento cranial do centro de massa dos cães displásicos o que explicaria as alterações cinemáticas do membro torácico (Fry e Clark, 1992; Tôrres, 1993; Poy et al., 2000; Ferrigno et al., 2007<sup>a</sup>). A redução na amplitude de movimento da articulação coxofemoral de animais com DCF é um resultado esperado, pois as articulações afetadas apresentam espessamento da cápsula articular e osteófitos periarticulares (Ginja et al., 2009).

Foi possível observar também que quanto maior o comprimento da tíbia menor o AN e que quanto maior o comprimento do rádio maior o AN. Estas duas medidas são de fácil obtenção, mas para servirem como indicativo inicial para a seleção de animais com menor risco de desenvolvimento de DCF, estudos mais aprofundados devem ser realizados.

**Tabela 9.** Análise de correlação entre variáveis estudadas e o ângulo de Norberg, em 16 cães da raça Pastor Alemão adultos.

Variáveis estudadas	Pearson	p
Idade	-0,055	0,780
Amplitude da passada do membro torácico	-0,004	0,980
Altura máxima do membro torácico	-0,036	0,806
Altura máxima do membro pélvico	-0,113	0,446
<b>Altura máxima da coluna vertebral na transição toráco-lombar</b>	<b>-0,346</b>	<b>0,016*</b>
<b>Altura mínima da coluna vertebral na transição toráco-lombar</b>	<b>-0,433</b>	<b>0,002*</b>
<b>Altura máxima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar</b>	<b>-0,354</b>	<b>0,013*</b>
<b>Altura mínima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar</b>	<b>-0,401</b>	<b>0,005*</b>
Altura máxima da coluna vertebral na transição lombo-sacral	-0,224	0,126
Altura mínima da coluna vertebral na transição lombo-sacral	-0,271	0,063
Altura máxima da coluna vertebral na transição sacro-coccígea	-0,133	0,368
Altura mínima da coluna vertebral na transição sacro-coccígea	-0,137	0,353
<b>Ângulo escápulo-umeral em flexão máxima</b>	<b>-0,388</b>	<b>0,006*</b>
<b>Ângulo úmero-radial em flexão máxima</b>	<b>-0,345</b>	<b>0,016*</b>
<b>Ângulo rádio-carpo-metacarpo em flexão máxima</b>	<b>-0,313</b>	<b>0,031*</b>
Ângulo coluna 1 (L3), na fase de balanço	0,014	0,924
<b>Ângulo coluna 2 (L7), na fase de balanço</b>	<b>-0,352</b>	<b>0,015*</b>
<b>Ângulo escápulo-umeral em extensão máxima</b>	<b>-0,489</b>	<b>0,000*</b>
<b>Ângulo úmero-radial em extensão máxima</b>	<b>-0,426</b>	<b>0,003*</b>
Ângulo rádio-carpo-metacarpo em extensão máxima	0,245	0,094
Ângulo coluna 1 (L3), na fase de apoio	0,037	0,804
Ângulo coluna 2 (L7), na fase de apoio	-0,106	0,475
Ângulo coxofemoral em flexão máxima	-0,187	0,203
Ângulo fêmoro-tibial em flexão máxima	-0,006	0,970
<b>Ângulo tíbio-tarso-metatarso em flexão máxima</b>	<b>-0,315</b>	<b>0,029*</b>
Ângulo coxofemoral em extensão máxima	0,087	0,558
Ângulo fêmoro-tibial em extensão máxima	-0,040	0,789
<b>Ângulo tíbio-tarso-metatarso em extensão máxima</b>	<b>-0,288</b>	<b>0,047*</b>
Altura da coluna vertebral na transição toráco-lombar, em estação	-0,174	0,236
Altura da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar, em estação	-0,113	0,445
Altura da coluna vertebral na transição lombo-sacral, em estação	-0,013	0,929
Altura da coluna vertebral na transição sacro-coccígea, em estação	0,112	0,447
Comprimento do Fêmur	-0,176	0,230
Comprimento da Tíbia	-0,229	0,117
Comprimento do Metatarso	0,017	0,909
<b>Comprimento do Úmero</b>	<b>-0,347</b>	<b>0,016*</b>
<b>Comprimento do Rádio</b>	<b>-0,374</b>	<b>0,009*</b>
<b>Comprimento do Metacarpo</b>	<b>-0,341</b>	<b>0,018*</b>
Altura da Cernelha	-0,085	0,564
Altura da Garupa	0,129	0,381
<b>Comprimento da Coluna Vertebral</b>	<b>-0,351</b>	<b>0,014*</b>

\*valores que apresentaram correlação com valor-p < 0,05;

(°) – ângulo; L3 – 3ª vértebra lombar; L7 – 7ª vértebra lombar.

A análise de regressão linear múltipla foi feita para avaliar a relação independente entre o AN e as variáveis que associadas

com valor-p < 0,20 na análise de correlação de Pearson. Os resultados estão apresentados na Tab. 10.

**Tabela 10.** Modelo final da análise de regressão linear múltipla de variáveis associadas ao ângulo de Norberg.

Variáveis	Coefficiente	Teste F	p
(Constante)		8,098	0,001
Altura máxima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar	0,313	2,266	0,030
Altura mínima da coluna vertebral na 3ª vértebra lombar	0,416	2,553	0,015
Altura mínima da coluna vertebral na transição lombo-sacral	-0,418	-3,426	0,002
Ângulo escápulo-umeral em flexão máxima	-0,766	-15,917	0,001
Ângulo rádio-carpo-metacarpo em extensão máxima	-0,148	-2,433	0,021
Ângulo tíbio-tarso-metatarso em flexão máxima	0,440	5,941	0,001
AMA escapulo-umeral	0,127	2,193	0,035
AMA coxofemoral	-0,563	-10,364	0,001
Comprimento da Tíbia	-0,334	-3,765	0,001
Comprimento do Rádio	0,158	2,007	0,053

AMA – amplitude de movimento articular.

## 6. CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi conduzido, pode-se concluir que:

- O estudo cinemático da caminhada de cães da raça Pastor Alemão adultos foi capaz de caracterizar parâmetros de locomoção dos animais normais e displásicos.
- A avaliação cinemática dos animais feita nos membros anteriores e posteriores demonstrou que as alterações ocorrem, com maior frequência, nos membros anteriores.
- Os dados obtidos sobre o comportamento dos segmentos corporais avaliados são importantes para futuras comparações intra-racial e inter-racial, de animais acometidos por doenças ortopédicas.
- O MRC é um exame eficaz no diagnóstico, quando comparado ao MRD, em cães da raça Pastor Alemão adultos.
- A utilização do ID de forma isolada para o diagnóstico da DCF, em cães da raça Pastor Alemão com idade superior a 30 meses, apresenta baixas especificidade e sensibilidade e seu uso isolado pode implicar em resultados falsos-positivos e falsos-negativos.

- Ressalta-se a necessidade de investigação e acompanhamento clínico, utilizando os métodos combinados, para o diagnóstico e acompanhamento pós-diagnóstico da DCF, levando em consideração as alterações dos membros anteriores, em cães adultos da raça Pastor Alemão.

- A evolução natural desta linha de pesquisa é a criação de bancos de dados cinemáticos para as raças caninas distintas e também, a associação da análise cinemática com outros métodos biomecânicos, que possam, não somente, avaliar a movimentação dos segmentos corporais, mas também as forças que atuam nas articulações durante a locomoção.

## 7. REFERÊNCIAS

ADAMS, W.M.; DUELAND, R.T.; DANIELS, R.; *et al.*. Comparison of two palpation, four radiographic and three ultrasound methods for early detection of mild to moderate canine hip dysplasia. *Vet. Radi. & Ultras.*, v. 41, n. 6. p. 484-490, 2000.

AMADIO, A. C.. Biomecânica do esporte: fundamentos e aplicações. In: Antônio Prista; Antônio Teixeira Marques; Aspácia Madeira; Silvío Saranga. (Org.). *Atividade Física e Desporto: Fundamentos e contextos*. 1 ed. Porto: Multitema, 2003, v. 1, p. 55-68.

BARBOSA, A.L.T. *Recuperação funcional coxo-femoral pós-operatória em cães: Estudo Clínico e Biomecânico*, 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) –, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BARROS, G.S.; VIEIRA, G.L.T.; VIANNA, L.R.; et al., Frequência da displasia coxofemoral em cães da raça Pastor Alemão. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Belo Horizonte, v. 60, n. 6, p. 1557-1559, 2008.

BARTHÉLÉMY I, BARREY E, THIBAUD JL, URIARTE A; et al. Gait analysis using accelerometry in dystrophin-deficient dogs. *Neuromuscul Disord*, v.19, n. 11, p. 788-796, 2009.

BARTHÉLÉMY, I; BARREY, E; AGUILAR, P; et al. Longitudinal ambulatory measurements of gait abnormality in dystrophin-deficient dogs. *Musculoskeletal Disorders*, v.12, p. 75, 2011.

BASLER – Câmeras Basler. Disponível em: <http://www.baslerweb.com>. Acesso em: 27/11/11.

BENNETT, R.L.; DECAMP, C.E.; FLO, G.L.; et al., Kinematic gait analysis in dogs with hip dysplasia. *American Journal of Veterinary Research*, v. 57, p. 966–971, 1996.

BOCKSTAHLER, B. A.; HENNINGER, W.; MÜLLER, M.; et al., Influence of borderline hip dysplasia on joint kinematics

of clinically sound Belgian Shepherd dogs. *American Journal of Veterinary Research*, v. 68, n. 3, p. 271-276, 2007.

BRASS, FREUDIGER, U.; MULLER, L.F; et al., Bericht der hüfpelenkdysplasie-kommission. *Kleintier Praxis*, n. 23, p. 169-180, 1978.

BRASS, W. Hip dysplasia in dogs. *J. Sm. An. Prac.*, v. 30, p. 166-170, 1989.

BRECH, G. C.; GUARNIERO, R.; GODOY JUNIOR, R. M. Amplitude de movimento articular do quadril em pacientes com doença de Legg-Calvé-Perthes. *Fisioterapia em Movimento*, v. 21, p. 131-138, 2008.

CARNEIRO, S.C.M.C.; FERREIRA, R.P.; FIOVARANTI, M.C.S.; et al., Superalimentação e desenvolvimento do esqueleto de cães da raça Dogue Alemão: aspectos clínicos e radiográficos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, n. 4, p. 511- 517, 2006.

COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA VETERINÁRIA. Normas do Colégio. Available from: <[http://www.abrv.com.br/col\\_normas.php](http://www.abrv.com.br/col_normas.php)>. Cited: 09 Nov. 2007.

COX, L.G., VAN RIETBERGEN, B., VAN DONKELAAR, C.C., ITO, K. Bone structural changes in osteoarthritis as a result of mechanoregulated bone adaptation: a modeling approach. *Osteoarthritis Cartilage*, v. 19, n. 6, p. 676-682, 2011.

CHRISTOVÃO, F. G.; BARROS, R. M. L.; FREITAS, E. V. V.; et al., Análise cinemática tridimensional do movimento de equinos em esteira rolante. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, n.4, p.862-868, 2007.

CRUZ, C. M. A.; GABRIEL, R.; FILIPE, V.; et al., Padrões de referência da pressão

plantar no movimento do cão da serra da estrela. IN: 4º CONGRESSO NACIONAL DE BIOMECÂNICA, 2011, Coimbra. *Sociedade Portuguesa de Biomecânica*, Coimbra, 2011, p. 771-775.

CRUZ, C.; GABRIEL, R.; MOURÃO, A.; et al., Análise biomecânica da influência da displasia da anca na locomoção do Cão da Serra da Estrela – Um projecto de investigação. IN: *Proceedings of the 3rd Congresso Nacional de Biomecânica*, 2009, p., 11-12.

CULP, W.T.; KAPATKIN, A.S.; GREGOR, T.P.; et al., Evaluation of the Norberg angle threshold: a comparison of Norberg angle and distraction index as measures of coxofemoral degenerative joint disease susceptibility in seven breeds of dogs. *Vet Surg.*, v. 35, n. 5, p. 453-459, 2006.

DASCĂLU, R.; IGNA, C.; SABĂU, M.; MENYHARDT, K. Kinematic analysis of the gait in healthy common breed dogs. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, v. 64, n.1, p. 409-414, 2007.

DECAMP, C.E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.*, v.27, n.4, p.825-840, 1997.

DECAMP C. E.; HAUPTMAN, J.; OLIVIER, B.; et al., Kinematic gait analysis of the healthy greyhounds, *Am. J. Vet. Res.*, v. 54, n. 4, p . 627-634, 1993.

DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G. *Tratado de Anatomia Veterinária* 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1997.

FERRIGNO, C. R. A.; SCHMAEDECKE, A.; FERRAZ, V. C. M.. Abordagem cirúrgica inédita para denervação acetabular

em cães. *Pesq. Vet. Bras.*. v. 27, n. 2, p. 61-63, 2007<sup>a</sup>.

FERRIGNO, C. R. A.; SCHMAEDECKE, A.; OLIVEIRA, L.M.; et al., Denervação acetabular cranial e dorsal no tratamento da displasia coxofemoral em cães: 360 dias de evolução de 97 casos. *Pesq. Vet. Bras.*, v. 27, n. 8, p. 333-340, 2007<sup>b</sup>.

FROES, T. R.; GARCIA, D. A. A.; SCHMIDLIM, P. C.; et al., Estudo comparativo e análise interobservador entre dois métodos de avaliação da displasia coxofemoral de cães. *Archives of Veterinary Science*, v. 14, p. 187-197, 2009.

FROES, T. R.; Diagnóstico radiográfico das doenças articulares pélvicas do cão. *Rev. Vet. Zoo. Min.* v. 21, n. 110, p 35 – 40, 2011.

FRY, T. R., CLARK, D. M. Canine hip dysplasia: clinical signs and physical diagnosis. *Vet. Clin. Nort. Am.: Sm. An. Prac.*, v. 22, n. 3, p. 551-558, 1992.

GENEVOIS, J. P.; CHANOIT, G.; CAROZZO, C.; et al., Influence of Anaesthesia on Canine Hip Dysplasia Score. *J. Vet. Med. A*, n. 53, p. 415–417, 2006.

GILLETT, R. L.; ANGLE, T. C. Recent developments in canine locomotor analysis: A review. *Vet J.*, v. 178, n. 2, p. 165–176, 2008.

GILLETTE, R. L.; ZEBAS, C. J. A two-dimensional analysis of limb symmetry in the trot of Labrador retrievers. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, n.35, p.515-520, 1999.

GINJA, M. M.; SILVESTRE, A. M.; GONZALO-ORDEN, J. M.; et al., Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia: a review. *Vet J*, p. 269–276, 2010.

- GINJA, M. M.; FERREIRA, A. J.; JESUS, S. S.; et al., Comparison of clinical, radiographic, computed tomographic, and magnetic resonance imaging methods for early prediction of canine hip laxity and dysplasia. *Vet Radiol Ultrasound*, v. 50, n. 2, p. 135-143, 2009.
- GUO, G.; ZHOU, Z.; WANG, Y.; et al., Canine hip dysplasia is predictable by genotyping. *Osteoarthritis and Cartilage*, v. 19, n. 4, p. 420-429, 2011.
- HEDHAMMAR, A.; OLSSON, S.E.; ANDERSSON, S.A., et al., Canine hip dysplasia: study of heritability in 491 litters of German shepherd dogs. *J Am Vet Med Assoc.*, v.174, n. 9, p.1012-1016, 1979.
- HEDHAMMAR, A; WU, F.; KROOK, L. Overnutrition and skeletal disease: an experiment in growing Great Dane dogs. *Cornell Vet.* v. 64, Suppl. n. 5, p.9-160, 1974.
- HOTTINGER, H.; DECAMP, C. E.; OLIVIER, B.; et al. Noninvasive kinematic analysis of the walk in healthy large-breed dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.57, n.3, p.381-388, 1996.
- KIRKWOOD, R. N.; GOMES, H.A.; SAMPAIO, R.F.; et al., Análise biomecânica das articulações do quadril e joelho durante a marcha em participantes idosos. *Acta ortop. bras.*, v. 15 n. 5, 2007.
- KROOK, L. Doenças metabólicas do osso. *Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG.* n.6, p.1-66, 1988.
- LAFFOUND, E.; BREUR, G. J.; AUSTIN, C. C. Breed susceptibility for developmental orthopedic diseases in dogs. *J. Am. Hosp. Assoc.*, v. 38, p. 467-477, 2002.
- LAWLER, D.F., LARSON, B.T; BALLAM, J.M.; et al., Diet restriction and ageing in the dog: major observations over two decades. *Br J Nutr.*, v. 99, p. 793-805, 2008.
- LUST, G.; WILLIAMS, A.J.; BURTON-WURSTER, N.; et al., Joint laxity and its association with hip dysplasia in Labrador Retrievers. *Am. J. Vet. Res.* v. 54, p. 1990 – 1999, 1993.
- MADSEN, J. S. The joint capsule and joint laxity in dogs with hip dysplasia. *J. An. Vet. Med. Assoc.*, v. 210, n.10, p. 1463-1465, 1997.
- MARGHITU, D.B.; KINCAID, S.A.; RUMPH, P.F. Nonlinear dynamics stability measurements of locomotion in healthy greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*, v.57, n.11, p.1529-1535, 1996.
- MARSCHALL, Y., DISTL, O. Mapping quantitative trait loci for canine hip dysplasia in German Shepherd dogs. *Mamm Genome*, v. 18, p. 861-870, 2007.
- McLAUGHLIN, R.M. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.*, v. 31, n. 1, p.193-201, 2001.
- MELE, E. Epidemiology of osteoarthritis. *Veterinary Focus*, v. 17, n. 3, p. 4-10, 2007.
- MILKEN, V. M. F. *Estudo radiográfico comparativo da displasia coxofemoral entre gatos da raça persa e sem raça definida.* Vanessa Martins Fayad Milken. – Botucatu [s.n.], 2007. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2007.
- MILLARD, R.P.; HEADRICK, J.F.; MILLIS, D.L. Kinematic analysis of the pelvic limbs of healthy dogs during stair and decline slope walking. *Journal of Small Animal Practice*, v. 51, p. 419-422, 2010.

- MORGAN, J. Pathologic alterations in canine hip dysplasia. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.210, n.10, p.1446-1450, 1997.
- MOURÃO, A.; FILIPE, V.; CRUZ, C.; et al., Ferramenta computacional para a análise biomecânica da locomoção canina. *Proceedings of the 3rd Congresso Nacional de Biomecânica*, p. 11-12, 2009.
- MUNIZ, ADRIANE MARA DE SOUZA, 2008. Quantificação da marcha humana utilizando análise de componentes principais para avaliação de procedimentos terapêuticos [Rio de Janeiro] 2008, Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- NEWTON, C. D. Normal Joint Range of Motion in the Dog and Cat. In: NEWTON, C. D.; NUNAMAKER, D. M. *Textbook of Small Animal Orthopaedics*. Ithaca: International Veterinary Information Service, 1985.
- NUNAMAKER, D. M.; BLAUNER, P. D. Normal and abnormal gait. In: NEWTON, C. D.; NUNAMAKER, D. M. *Textbook of Small Animal Orthopaedics*. Ithaca: International Veterinary Information Service, 1985.
- OLIVEIRA, R. M. D. *Análise da locomoção de cães portadores de displasia coxofemoral com o sistema de baropodometria*. 2008. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- ORTHOPEDIC FOUNDATION FOR ANIMALS. Hip grades. Available from: <<http://www.offa.org/hipgrade.html>>. Cited: 19/02/2012.
- PAOLUCCI, L.A., 2006, *Comparação de dois métodos para representação da força de reação do solo no desempenho de classificação de padrões de marcha*. Tese M.Sc., Programa de Pós-graduação em Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- POY, N. S. J.; DECAMP, C. E.; BENNETT, R. L.; et al., Additional kinematic variables to describe differences in the trot between clinically normal dogs and dogs with hip dysplasia. *Am. J. Vet. Res.*, v. 61, n. 8, p. 974-978, 2000.
- RISER, W. H.; SHIRE, J. F. Correlation between canine hip dysplasia and pelvic muscle mass: a study of 95 dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v. 28, n 124, p. 769-777, 1967.
- RISLER, A.; KLAUER, J. M., KEULER, N. S.; et al., Puppy line, metaphyseal sclerosis, and caudolateral curvilinear and circumferential femoral head osteophytes in early detection of canine hip dysplasia. *Vet Radiol Ultrasound*, v. 50, n. 2, p. 157-166, 2009.
- ROBERTS, T.; MCGREEVY, P. D. Selection for breed-specific long-bodied phenotypes is associated with increased expression of canine hip dysplasia. *Vet. J.*, v.183, p.266-272. 2010.
- ROCHA, B. D. ; TÔRRES, R. C. S. . Ultrasonic and radiographic study of laxity in hip joints of young dogs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 59, p. 90-96, 2007.
- RUNGE, J. J., KELLY, S. P., GREGOR, T. P., et al., Distraction index as a risk factor for osteoarthritis associated with hip dysplasia in four large dog breeds. *J. Sm. An. Prac.*, v. 51, p. 264–269, 2010.
- SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 2.ed. Belo Horizonte. Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.
- SANTOS, D. M.; MELO, S. I. L.; CARNEIRO, L.C.; et al.,

CARACTERÍSTICAS DA MARCHA DE IDOSOS CONSIDERANDO A ATIVIDADE FÍSICA E O SEXO. *Fisioterapia em Movimento*, v. 21, p. 137-148, 2008.

SCHAEFER, S.L.; DeCAMP, C.E.; HAUPTMAN, J.G.; WALTON, A. Kinematic gait analysis of hind limb symmetry in dogs at the trot. *Am. J. Vet. Res.*, v.59, n.6, p.680-695, 1998.

SCHAMHARDT, H. C.; CLAYTON, H. M. Measurement techniques for gait analysis. In: *Equine Locomotion*. BACK, W; CLAYTON, H.M. Ed. W.B Saunders, Londres. 2001 55-76p.

SCHMAEDECKE, A.; SAUT, J. P.; FERRIGNO, C. R. (2008). A quantitative analysis of the nerve fibres of the periosteal acetabulum of dogs. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v. 21, p. 413-417, 2008.

SCHNELLE GB: Congenital subluxation of the coxofemoral joint in a dog. *Univ PA Bull* 65:15-16, 1937. Citado por CULP, W.T.; KAPATKIN, A.S.; GREGOR, T.P.; et al., Evaluation of the Norberg angle threshold: a comparison of Norberg angle and distraction index as measures of coxofemoral degenerative joint disease susceptibility in seven breeds of dogs. *Vet Surg.*, v. 35, n. 5, p. 453-459, 2006.

SHEARER, P. Epidemiology of osteoarthritis. *Veterinary Focus*, v. 21, n. 2, p24-25, 2011.

SILVA, G. C. A. *Análise cinemática da marcha de cães da raça Golden Retriever saudáveis*. 2006. Dissertação (Mestrado em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SMITH, G.K.; LAWLER, D.F; BIERY, D.N; *et al.*, Chronology of Hip Dysplasia

Development in a Cohort of 48 Labrador Retrievers Followed for Life. *Vet. Surg.*, v. 41, p. 20-33, 2012.

SMITH, G.K.; BIERY, D.M.; KEALY, R.D.; et al., Significado clínico dos achados sobre osteoartrite e displasia coxofemoral no ensaio de restrição alimentar. *Inf. Téc. Nestlé Purina*, n.5, p.23-24, 2002.

SMITH, G.K. Advances in diagnosis canine hip dysplasia. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.210, n.10, p.1451-1456, 1997.

SMITH, G.K.; POPOVITCH, C.A.; GREGOR, T.P.; et al., Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v. 206, p. 642-647, 1995.

SMITH, G. K.; et al., Coxofemoral joint laxity from distraction radiography and its contemporaneous and prospective correlation with laxity, subjective score, and evidence of degenerative joint disease from conventional hip-extended radiography in dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v. 54, n. 7, p. 1021-1042, 1993.

SMITH, G. K.; BIERY, D. N.; GREGOR, T. P. New concepts of coxofemoral joint stability and the development of a clinical stress-radiographic method for quantitating hip joint laxity in the dog. *J. An. Vet. Med. Assoc.*, v. 196, n. 1, p. 59-70, 1990.

SOUZA, A. N. A. *Correlação entre o grau de displasia coxofemoral e análise cinética da locomoção de cães da raça Pastor Alemão*. 2009. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, M. M. D.; PADOVANI, C.R.; RAHAL, S.C; et al., Afecções ortopédicas dos membros pélvicos em cães: estudo

retrospectivo. *Cienc. Rural*, v. 41, n. 5, p. 852-857, 2011.

TACHDJIAN, M.O. *Ortopedia pediátrica: diagnóstico e tratamento*. Rio de Janeiro: Revinter. 2001. p. 168-190.

TORRES, B.T.; PUNKE, J.P.; FU, Y.C.; NAVIK, J.A.; SPEAS, A.L.; SORNBORGER, A; BUDSBERG, S. C. Comparison of canine stifle kinematic data collected with three different targeting models. *Vet. Surg.*, v. 39, n. 4, p. 504-512, 2010.

TÔRRES, R. C. S.; OCARINO, N. M.; VIEIRA, G. DE L. T.; et al., Aspectos patológicos e genéticos da displasia coxofemoral em cães. *Revista CFMV*, v. 13, p. 27-32, 2007.

TÔRRES, R. C. S.; ARAÚJO, R. B.; REZENDE, C.M.F. Distrator articular no diagnóstico radiográfico precoce da displasia coxofemoral em cães. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v. 57, n. 1, p.27-34, 2005.

TÔRRES, R. C. S.; SILVA, E. F.; ROCHA, B. D.. Displasia coxofemoral - frequência em cães da raça Rottweiler no Estado de Minas Gerais. *Revista CFMV*, v. 9, n. 28-29, p. 60-64, 2003.

TÔRRES, R.C.S. *Uso do distrator articular no diagnóstico radiográfico precoce da displasia coxofemoral em cães*, 2003. 70f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TÔRRES, R. C. S.; FERREIRA, P. M.; ARAÚJO, R. B. Presença de “Linha Morgam” como indicador de displasia coxofemoral em cães da raça Pastor Alemão. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* v.51 n.2, 1999<sup>a</sup>.

TORRES, R.C.S.; FERREIRA, P.M.; SILVA, D.C.. Frequência e assimetria da

displasia coxofemoral em cães Pastor Alemão. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 51, n. 2, p.153-156, 1999<sup>b</sup>

TÔRRES, R.C.S. *Prevalência da displasia coxofemoral em cães da raça Pastor Alemão*, 1993. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VANDEN BERG-FOELS, W.; SCHWAGER, S.; et al. Femoral Head Bone Mineral Density Patterns May Identify Hips at Risk of Degeneration. *Annals of Biomedical Engineering*. v. 39, n.1, p. 75-84, 2011.

VIEIRA, G. L. T.; TÔRRES, R. C. S.; BARROS, G.S.; et al., Associação entre o ângulo de Norberg, o percentual de cobertura da cabeça femoral, o índice cortical e o ângulo de inclinação em cães com displasia coxofemoral. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 62, n. 5, p. 1094-1101, 2010.

VIEIRA, N. T.; MELO, E. G.; REZENDE, C. M. F.; et al. Efeitos dos glicosaminoglicanos e sulfato de condroitina A sobre a cartilagem articular normal e com doença articular degenerativa em cães. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 62, n. 5, p. 1117-1127, 2010 .

VILAR, J.M.; MORALES, M.; MORALES, I.; et al., Análisis cinemático mediante videografía de alta velocidad en la displasia de cadera canina - Kinematic analysis using high speed videography in canine hip dysplasia. *Revista electrónica de Veterinaria*. v. 11, n.1, 2009.

WEIGEL, J. P.; WASSERMAN, J F. Biomechanics of the normal and abnormal hip joint, *Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, v. 22, n.3, p. 513-528, 1992.

WHITTLE, M. W. Clinical gait analysis: A review. *Human Movement Science*, v. 15, n. 3, p. 369–387, 1996.

WOOD, J.L.M.; LAKAHANI, K.H.; DENNIS, R. Heritability and epidemiology of canine hip-dysplasia score in flat-coated retrievers and Newfoundlands in the United

Kingdom. *Prev. Vet. Med.*, n.46, p.75-86, 2000.

ZHOU Z.; SHENG X.; ZHANG Z.; et al., Differential Genetic Regulation of Canine Hip Dysplasia and Osteoarthritis. *PLoS ONE*, v. 5, n. 10, p. 3219, 2010.