

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ÁREA DE AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

DANIEL MOLON

**AVALIAÇÃO DOS ÂNGULOS ARTICULARES DO SISTEMA
LOCOMOTOR DE EQUINOS UTILIZANDO BIOFOTOGRAFOMETRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2012

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ZOOTECNIA**

DANIEL MOLON

**AVALIAÇÃO DOS ÂNGULOS ARTICULARES DO SISTEMA
LOCOMOTOR DE EQUINOS UTILIZANDO BIOFOTOGRAFIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2012

Daniel Molon

**AVALIAÇÃO DOS ÂNGULOS ARTICULARES DO SISTEMA
LOCOMOTOR DE EQUINOS UTILIZANDO BIOFOTOGRAMETRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Zootecnia da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como
requisito parcial à obtenção do título de
ZOOTECNISTA

Orientador: Prof. Msc. Katia Atoji

DOIS VIZINHOS

2012

Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Gerência de Ensino e Pesquisa
Curso de Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO
TCC

AVALIAÇÃO DOS ÂNGULOS ARTICULARES DO SISTEMA LOCOMOTOR DE
EQUINOS UTILIZANDO BIOFOTOGRAMETRIA

Autor: Daniel Molon

Orientador: Prof. Msc. Katia Atoji

TITULAÇÃO: Zootecnista

APROVADA emde de 2012.

Prof. Dr. Angélica Signor Mendes

**Prof. Dr. Raquel de Almeida
Rocha Ponzoni**

**Profa Msc. Katia Atoji
(Orientador)**

RESUMO

MOLON, Daniel. Avaliação dos Ângulos Articulares do Sistema Locomotor de Equinos Utilizando Biofotogrametria. 2012. 35f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2012.

Este trabalho teve como objetivo verificar se o uso da biofotogrametria pode ser utilizada para a determinação dos ângulos dos membros locomotores dos equinos e assim poder demonstrar um novo método para uma análise complementar ao método que é usado hoje para a observação dos problemas dos membros locomotores dos equinos. O delineamento foi inteiramente casualizado com o uso de 20 cavalos em quatro tratamentos e um controle: Tratamento 1 - distância 1,50m e altura 0,75m; Tratamento 2 - distância 1,50m e altura na metade da altura de cernelha; Tratamento 3 - distância duas vezes a altura de cernelha e altura 0,75m; Tratamento 4 - distância duas vezes a altura de cernelha e altura na metade da altura de cernelha; e o Tratamento Controle - medidas angulares reais. Para determinação dos ângulos, os pontos correspondentes às articulações foram marcados com adesivo branco e mensurados com auxílio de régua e transferidor e, posteriormente, cinco fotos por tratamento foram capturadas com uma câmera digital. Para padronização, utilizou-se do plano lateral esquerdo com o animal em estação e em repouso. As imagens com resolução de 4000 x 3000 pixels foram posteriormente editadas no programa CorelDraw®, para determinação dos ângulos. Os dados foram submetidos à análise de variância para determinar a possibilidade de utilização das imagens e posteriormente aos testes de correlação de Spearman e de Kappa para determinar qual posição de câmera seria mais adequada para cada ângulo considerando as posições de câmera utilizadas neste trabalho. Não houve diferença estatística na análise de variância ($p > 0,05$), determinando que as imagens possam ser utilizadas para avaliação dos ângulos articulares de equinos. Os testes de correlação determinaram que as melhores posições de câmera foram: T4 (distância duas vezes a altura de cernelha e altura metade da altura de cernelha) e T2 (distância 1,50m e altura na metade da altura de cernelha).

Palavras-chave: Morfologia. Aprumos. Imagens. Exame complementar. Fotogrametria.

ABSTRACT

MOLON, Daniel. Evaluation of locomotor system of horses through biophotogrammetry, 2012, 35f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2012.

This study aimed to verify if biophotogrammetry can be used to determine the angles of the locomotor system of horses and thus demonstrate a complementary method for analysis of the quarters of horses. Experimental design was completely randomized with 22 horses in four treatments and the control group: treatment 1 – distance of 1.50 m and height of 0.75 m; treatment 2 - distance of 1.50 m and height equal to half of the withers height; treatment 3 - distance twice the withers height and height of 0.75 m; treatment 4 - distance twice the withers height and height equal to half of the withers height, and the control group that was the visual measurements of the joint angles on the animal. For determination of the angles, the points corresponding to the joints were spotted with adhesive and measured with using horse measuring stick and protractors and, later, five photos for each treatment were taken with a digital camera. In order to standardize, the left size of the lateral plane of the animal at rest, in standing position was used. The images with 4000 x 3000 pixels of resolution were subsequently edited in CorelDraw® program for angles determination. Data was submitted to analysis of variance to determine the possibility of utilization of the images and then to the correlation tests of Spearman and Kappa to determine which camera position would be the most adequate for each angle considering the camera positions evaluated in this study. There was no significant difference in the analysis of variance ($p>0.05$), determining that the images can be used to evaluate joint angles of horses. Correlation tests determined that the best positions of camera were T4 (distance twice the withers height and height equal to the half of the withers height) and T2 (distance at 1.50 m and height equal to the half of the withers height). This study concluded that the position of the camera must respect the conformation of the animals in order to obtain reliable images for evaluation of the joint angles.

Keywords: Morphology. Forelegs. Images. Supplementary examination. Photogrammetry.

SUMÁRIO

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	6
2.1 SISTEMA LOCOMOTOR DE EQUINOS.....	9
2.2 ANATOMIA DOS MEMBROS LOCOMOTORES TORÁCICOS.....	10
2.3 ANATOMIA DOS MEMBROS LOCOMOTORES PÉLVICOS.....	12
2.4 AVALIAÇÃO DE APRUMOS.....	12
2.5 BIOFOTOGAMETRIA.....	15
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4 CONCLUSÕES.....	29
5 REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

De acordo com achados arqueológicos, o cavalo moderno descende do Hyracotherium ou Eohippus animal que media cerca de 40 cm de altura, possuía quatro membros com quatro dígitos cada e viveu na Terra há 55 milhões de anos atrás. Registros sobre a domesticação do cavalo moderno foram encontrados nas regiões atualmente conhecidas como China e Mesopotâmia indicando os anos de 4.500 e 2.500 a.C.. A evolução dos cavalos ficou marcada pelo apoio de cada membro sobre apenas um dígito cuja falange distal permanece protegida por um casco, dentre várias outras características relacionadas às fibras musculares esqueléticas e ao sistema cardio-respiratório que foram determinantes para a eficiência destes animais em atingir e manter altas velocidades. Desta forma, o cavalo sofreu adaptações que permitiram seu uso para corridas em altas velocidades sendo sua domesticação marcada pela utilização como meio de transporte, para caçadas e atualmente para o esporte e trabalho. (CINTRA, 2010)

Os membros dos cavalos são quatro colunas, segmentadas e articuladas, que tem função de suporte, impulso, movimento e amortecimento permitindo a locomoção e o equilíbrio destes animais. Tanto os membros torácicos quanto os pélvicos têm a função de sustentar o corpo quando o animal encontra-se em estação e conduzi-lo quando em movimento. Os membros torácicos estão relacionados à comodidade do andamento sendo os principais agentes de suporte e amortecimento, porém também podem atuar como impulsores em alguns casos como, durante o recuo, ou em situações de empinamento quando o corpo é impulsionado para cima e para frente. Já os pélvicos agem no rendimento do andamento, proporcionando a impulsão principal e regulando o movimento do corpo do cavalo. Portanto, não há uma divisão de trabalho exclusiva para cada porção do aparelho locomotor dos equinos, isto é, todos os membros são fundamentais para o equilíbrio e a comodidade de andamento do cavalo. (DYCE; SACK; WENSING, 1990, TORRES; JARDIM, 1985)

A anatomia e a biomecânica individual devem ser respeitadas, pois os equinos estão sujeitos a diversas formas de afecções e lesões em seus membros, provocando claudicação e prejudicando temporariamente ou permanentemente sua

utilização. A utilização dos cavalos está muitas vezes relacionada a exercícios extenuantes e provas muito exigentes, tornando-os muito susceptíveis a lesões, principalmente no sistema locomotor (MARANHÃO, 2007). Os problemas encontrados em cavalos são inúmeros, porém, as articulações dos membros locomotores são os locais de maior estresse físico e muscular causando dificuldade de locomoção e andamento. Quando os ângulos articulares não estão adequados ocorre uma sobrecarga dos tendões (estruturas compostas de tecido conjuntivo denso que ligam os músculos aos ossos promovendo o movimento articular), e este excesso de esforço pode ocasionar uma inflamação destes tendões, afecção conhecida como tendinite (TORRES; JARDIM, 1985). Desta forma, a avaliação dos membros locomotores de equinos é mais enfatizada do que em outras espécies, pois dependendo da gravidade das lesões o cavalo pode ficar impedido de continuar se exercitando ou participando de provas. (MARANHÃO, 2007).

O cavalo tanto parado como em movimento deve possuir os aprumos corretos permitindo que seu peso seja sustentado, impulsionado, movimentado e amortecido. A verificação da postura dos cavalos é de suma importância para que não se utilize animais com alguma afecção ou lesão, piorando suas condições físicas. Esta verificação pode ser feita visualmente para determinar se os aprumos apresentam-se adequados ou com problemas utilizando-se de exames físicos com técnicas semiológicas adequadas (BETTO FILHO; MARTINI; ROSA, 2007).

Além da verificação clínica para determinação de afecções ou lesões patológicas, a verificação dos aprumos como uma avaliação morfológica também é feita, sendo de extrema importância para criadores que pretendem selecionar seus potros, cavalos e éguas para melhoramento da tropa, para certificação e valorização do animal à venda (PINTO et al., 2005) e também para caracterização de padrão racial junto às associações de raça (SANTOS et al., 2011).

A utilização de imagens como um método de avaliação e diagnóstico é conhecida como biofotogrametria computadorizada. Este método vem sendo utilizado em diversas áreas da saúde e sua eficácia já foi comprovada através de vários estudos (TOMMASELLI, 1999). Segundo Meneghetti (2012) a biofotogrametria computadorizada apresenta grandes vantagens na efetividade de sua aplicação; baixo custo do sistema de aquisição de imagens para interpretação,

precisão e reprodutibilidade dos resultados. Porém, apesar dos cuidados metodológicos, podem ocorrer distorções nas leituras angulares das imagens fotográficas (CORDARIN et al., 2012), sendo assim, mesmo com sua fácil metodologia, alguns problemas de análise podem ocorrer.

Existem poucos estudos utilizando esta técnica para avaliação de animais. Os trabalhos relacionados com avaliações de ângulos articulares de equinos foram feitos por exame visual com a utilização de artrogoniômetro, uma técnica simples e de baixo custo (CONCEIÇÃO et al., 2012), ou por estudo cinemático utilizando equipamentos mais sofisticados que exigem um investimento maior (CHRISTOVÃO et al., 2007). Portanto, este trabalho pretende demonstrar que o método de biofotogrametria, que é simples e de custo relativamente baixo, poderá ser utilizado na avaliação de aprumos de equinos, podendo ser utilizado como um complemento para a determinação de problemas, valorização do animal e para escolha de animais com características dentro de um padrão racial.

Os cavalos foram domesticados entre os anos de 4.500 e 2.500 a.C. e, desde então, sua importância para a humanidade está registrada pela sua participação em caçadas, guerras e nas culturas de diversos povos. Atualmente, os cavalos desempenham várias funções, sendo muito utilizados nos meios militar, esportivo, terapêutico, pecuário, agrário e social apresentando grande importância na economia mundial (CINTRA, 2011).

“O equino foi um dos primeiros animais a serem domesticados pelo homem, e se constituiu numa alavanca-mestre para o desenvolvimento do mundo nos primórdios da humanidade. Durante a evolução da espécie, os membros sofreram adaptação especial para locomoção em altas velocidades, incluindo a simplificação da região distal a um simples dígito, redução dos componentes musculares e o desenvolvimento de estruturas tendíneas fortes, além de vários ligamentos para assegurar o comportamento autônomo e passivo dos membros” (DENOIX, 1994 apud. MELO et al., 2011).

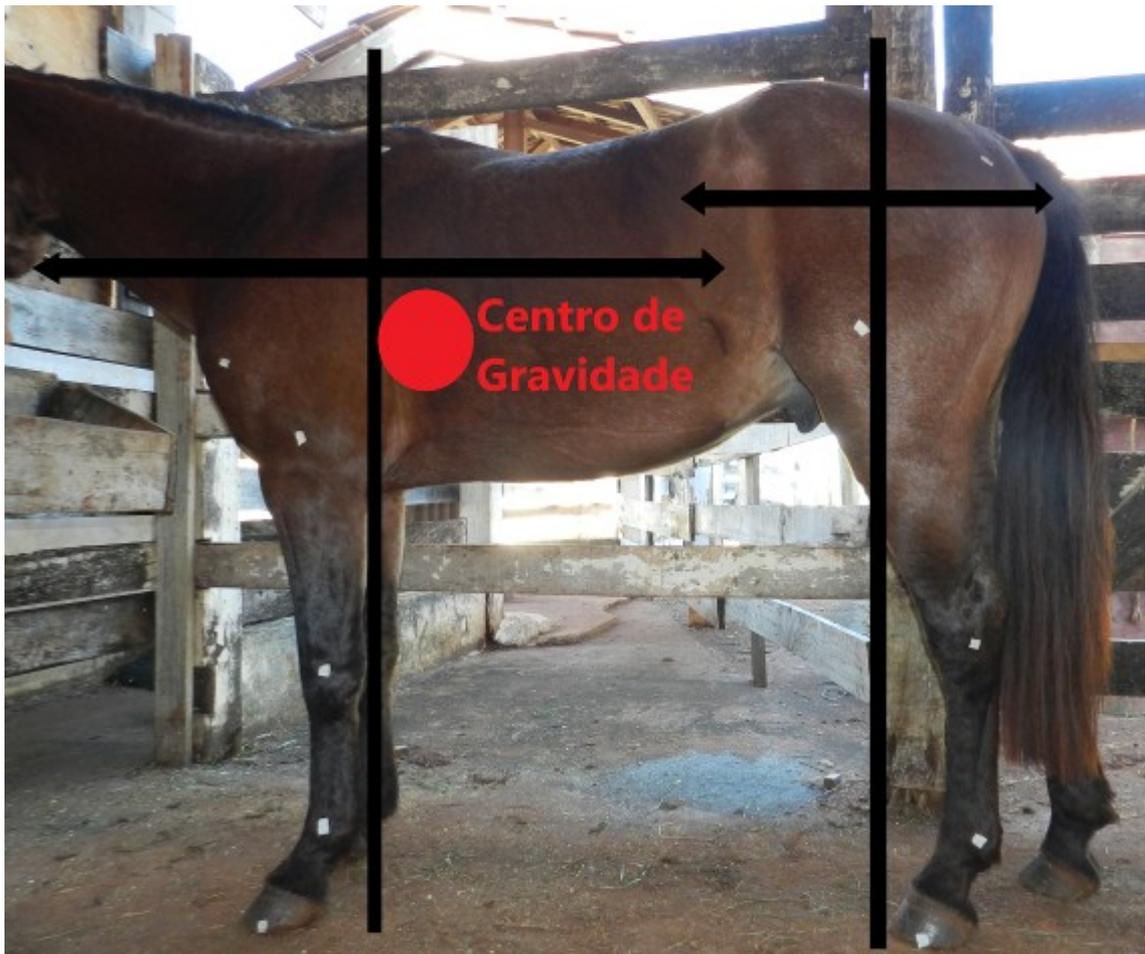
Segundo Naviaux (1988) os cavalos foram selecionados pelo homem formando diversas raças, porém sabe-se que são três os grupos considerados como ancestrais dos cavalos atuais: o cavalo Libanês (Norte da África), o Árabe (Arábia) e o Flamengo (Europa Central). No Brasil, os cavalos foram introduzidos no século XVI em Pernambuco, São Paulo e na Bahia, por colonizadores e invasores. Historicamente a população equina do Brasil esteve em crescimento até 1915,

quando atingiu o número recorde de 21.431.000 animais. Atualmente o Brasil possui 5.514.253 cavalos (IBGE, 2010).

Existem cerca de 30 raças com representatividade e associação constituída no Brasil (CINTRA, 2011). Cada associação de raça utiliza algum método para escolha dos melhores exemplares da raça. Por exemplo, a Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos (ABCCC) utiliza provas de resistência, trabalho e aptidão dos animais em determinadas funções, em conjunto com uma avaliação visual da morfologia do animal realizada por jurados (ABCCC, 2012). Já a Associação Brasileira dos Criadores de Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) se baseia na aparência externa e na mensuração da altura na cernelha dos animais, nos quais a presença do andamento marchado é obrigatória (PINTO et al., 2005). Estas avaliações baseiam-se em experiência e opinião sem que exista um documento com todos os dados morfológicos para que se possa solicitar uma revisão.

2.1 SISTEMA LOCOMOTOR DE EQUINOS

O sistema locomotor pode ser definido como um mecanismo formado por ossos, músculos, tendões, articulações e ligamentos que sob o controle de um sistema regulador, o sistema nervoso central e periférico, permite a sustentação e o movimento do animal. Devido à conformação do cavalo e sua maneira de movimentação, cerca de 65% de seu peso é suportado pelos membros locomotores torácicos (Fotografia 1) que têm a função principal de manter o animal ereto e em equilíbrio, para facilitar a ação propulsora dos membros pélvicos que suportam 35% do peso do animal (TOLEDO, 1985).



Fotografia1. Distribuição do peso sobre os locomotores. Fonte: Autoria própria.

2.2 ANATOMIA DOS MEMBROS LOCOMOTORES TORÁDICOS.

As estruturas dos membros torácicos (Figura 1) desde a cernelha até o casco são divididas em três grupos: ossos com suas articulações, ligamentos e músculos com seus tendões. Sua estrutura serve para absorver impactos, sustentar o peso do corpo e auxiliar na propulsão para frente. Uma comparação interessante é que, em seu conjunto anatômico, existe semelhança com o braço e a mão do homem. Distinguem-se nela a escápula, o úmero (junto ao tronco, o que não ocorre com o braço humano), o rádio (antebraço), os carpos (corresponde o punho humano) e o sistema digital (corresponde ao dedo médio humano) composto das suas três falanges, sendo a falange distal protegida pelo casco. A figura 2 demonstra a semelhança entre os ossos dos membros locomotores dos equinos com os ossos

do braço e da mão humana, demonstrando os ossos que o cavalo perdeu por atrofiamento ao longo da evolução.

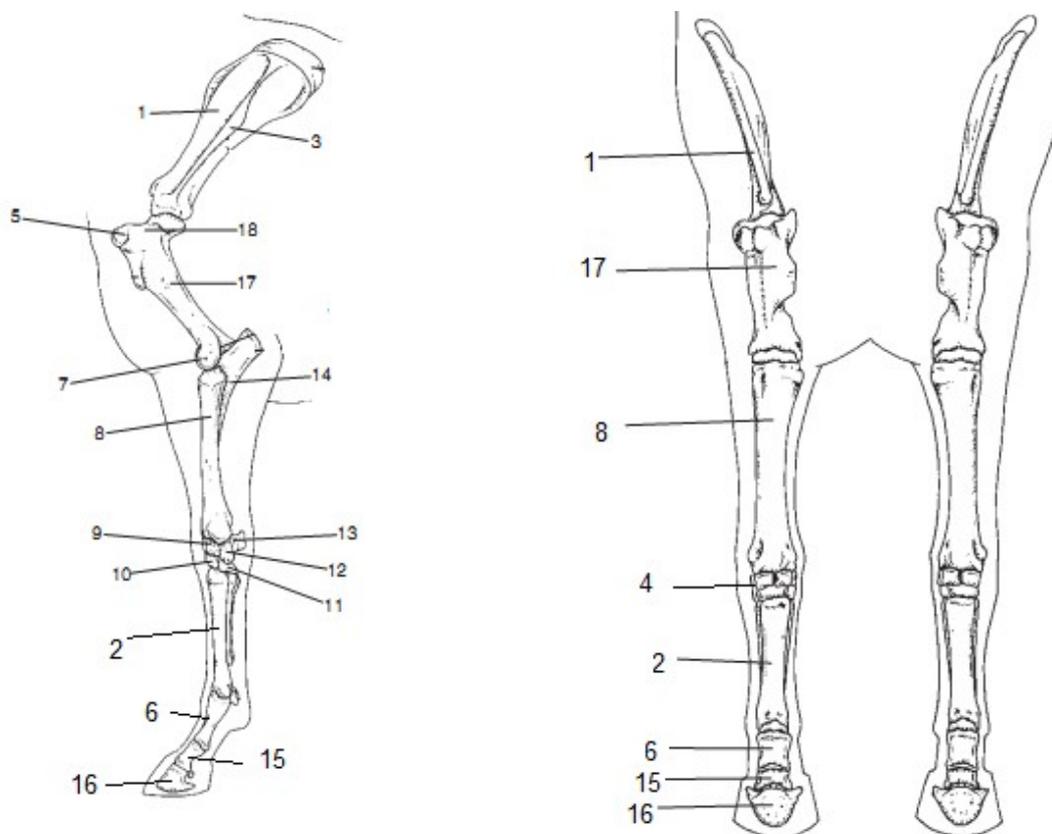


Figura 1 Esqueleto do membro anterior – vista lateral e frontal. Fonte: Davies, Pilliner e Elmhurst, 2002. (1 - escápula; 2 - metacarpo; 3 - espinha da escápula; 4 - ossos do metacarpo; 5 - tubérculo maior; 6 – falange proximal; 7 - côndilo lateral; 8 - rádio; 9 - osso intermediário do carpo; 10 - terceiro osso do carpo; 11 - quarto osso do carpo; 12 - osso ulnar do carpo; 13 - osso acessório do carpo; 14 - ulna; 15 - falange média; 16 – falange distal; 17 - úmero; 18 - cabeça do úmero).

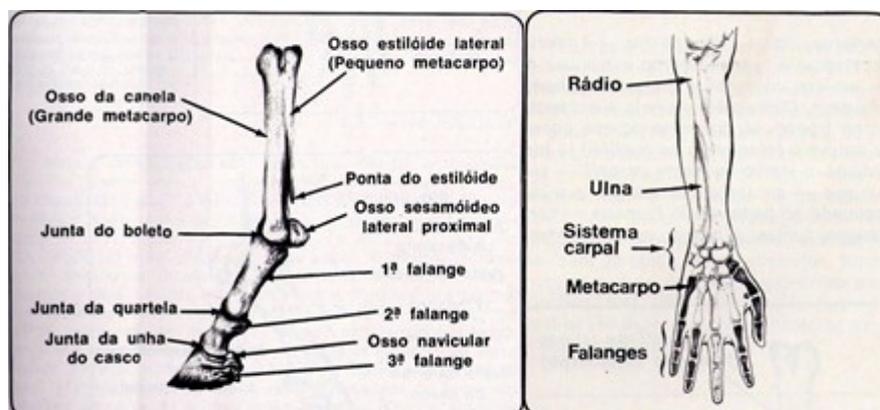


Figura 2 Vista lateral dos ossos metacarpianos e digitais de equinos e referência aos ossos do braço e da mão humana. Os ossos sombreados indicam os que foram perdidos pelos cavalos ao longo de sua evolução. Fonte: Toledo, 1985.

2.3 ANATOMIA DOS MEMBROS LOCOMOTORES PÉLVICOS

A constituição e anatomia dos membros pélvicos são muito similares aos dos membros torácicos com os sistemas digitais são essencialmente iguais em ambos conforme demonstrado na figura 3.

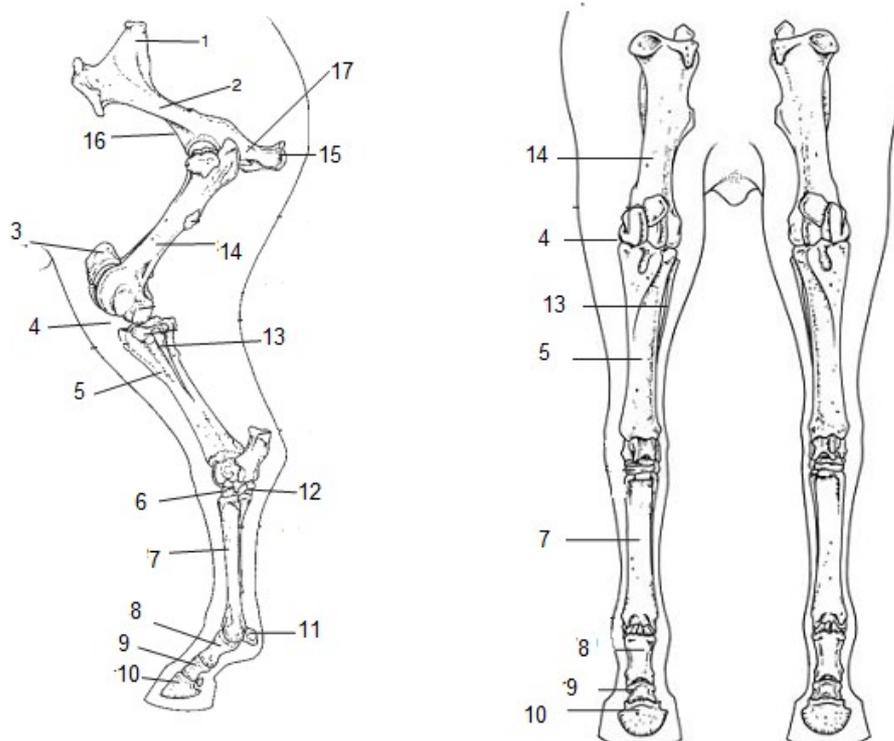


Figura 3 esqueleto do membro posterior - vista lateral e frontal. Fonte: Davies, Pilliner, Elmhurst, 2002 (1 - tuberosidade sacral; 2 - ílio; 3 - patela; 4 - joelhos; 5 - tíbia; 6 - terceiro ossos do tarso; 7 - metatarso; 8 - falange proximal; 9 - falange média; 10 - falange distal; 11 - osso sesamóide proximal; 12 - quarto osso do tarso; 13 - fíbula; 14 - fêmur; 15 - tuberosidade isquiática; 16 - púbis; 17 - ísquio)

2.4 AVALIAÇÃO DE APRUMOS

A mensuração dos animais é de grande utilidade para a apreciação dos mesmos com base na conformação e nas proporções. Ainda mais, por meio dela são obtidos dados para os seguintes fins: confecções de resenhas, estudo das regiões do corpo, verificação de caracteres étnicos, estudos biométricos, avaliação de peso, verificação de crescimento, estudo de proporções e índices para apreciação de aptidões (TORRES; JARDIM, 1985).

As principais medidas utilizadas para avaliação dos equinos (Figura 4) são as alturas de cernelha; altura de garupa; comprimento do corpo; comprimento da garupa; comprimento de espádua (CINTRA, 2010). Os ângulos articulares variam com as raças e tipos de cavalos dentro de certos limites (Tabela 1).

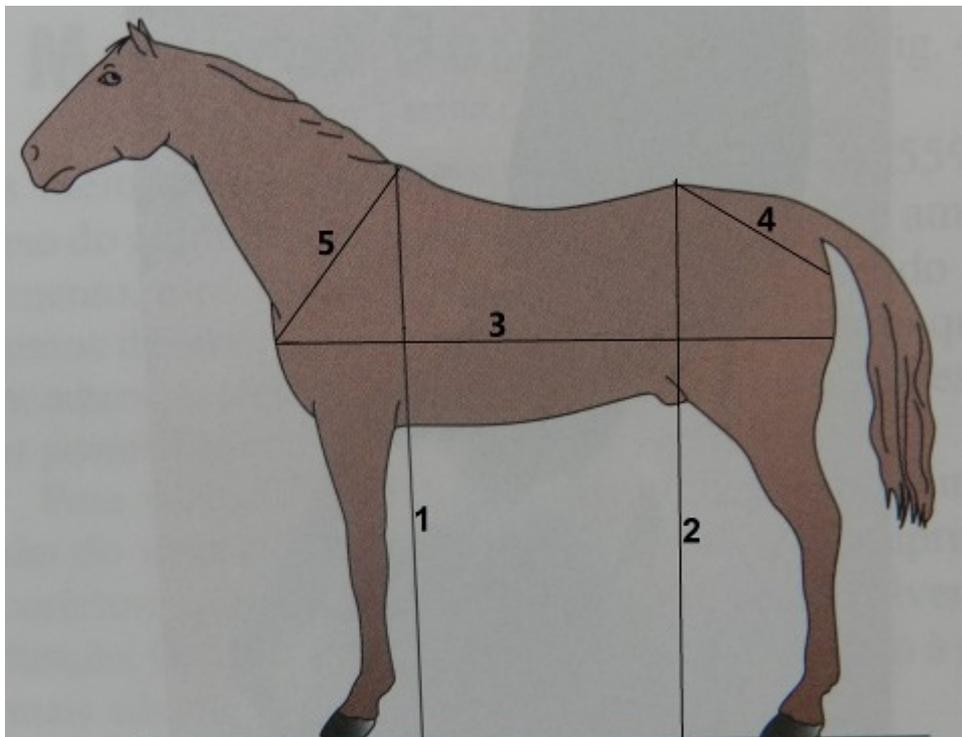


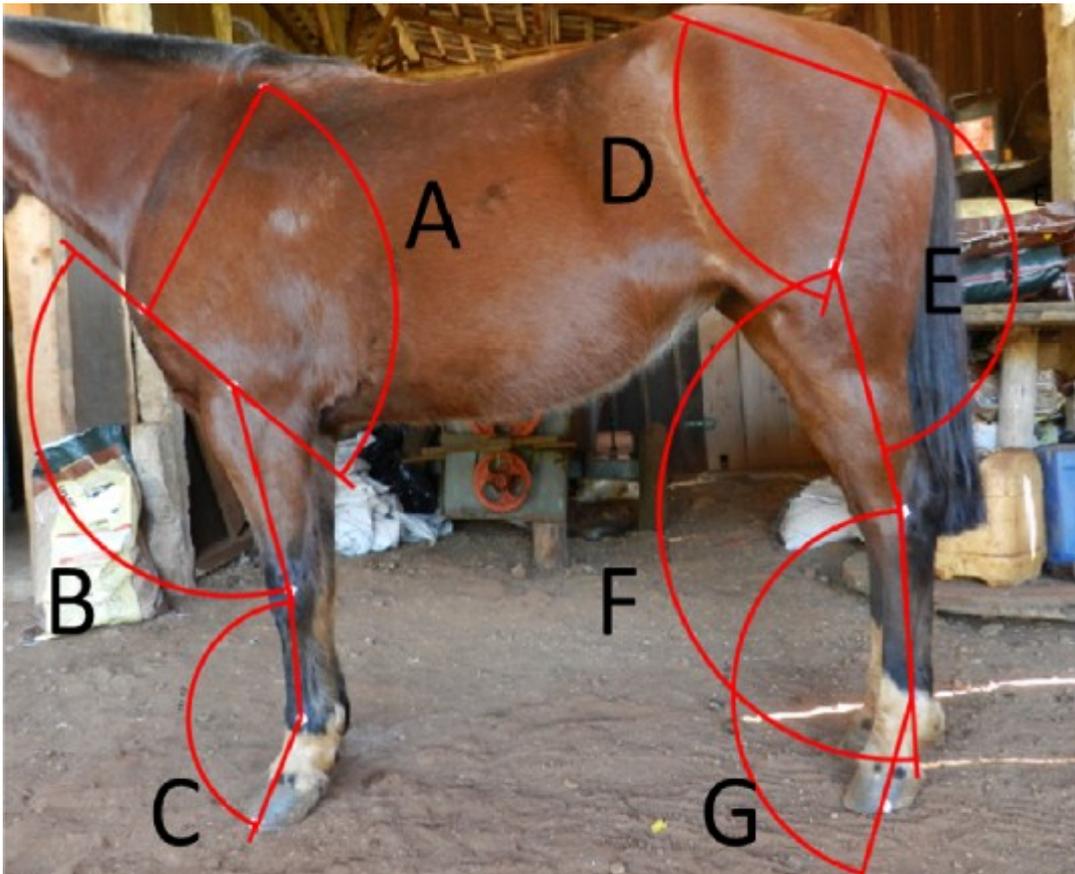
Figura 4 – Medidas de altura e comprimento: 1 altura de cernelha; 2 altura de garupa; 3 comprimento do corpo; 4 comprimento da garupa; 5 comprimento de espádua; Fonte: adaptado de CINTRA, (2010).

Tabela 1: Ângulos articulares de equinos.

MEMBROS	ÂNGULOS ARTICULARES	VARIAÇÕES
Torácico	Ângulo A – Escápulo-umeral	102 e 115 graus
	Ângulo B – Úmero-radial	140 e 150 graus
	Ângulo C – Metacarpo-falangeano	150 e 159 graus
Pélvico	Ângulo D – Coxo-femoral	85 e 125 graus
	Ângulo E – Fêmuro-tibial	122 e 150 graus
	Ângulo F – Tíbio-metatarsiano	152 e 160 graus
	Ângulo G – Metatarso-falangeano	150 e 158 graus

Fonte: Adaptado de TORRES e JARDIM, 1985, p. 121

Segundo Torres e Jardim (1985) no estudo das proporções, consideram-se os seguintes aspectos: proporções lineares, proporções de continuidade, proporções angulares, proporções gerais, variações e compensações. Para serem adequadas, as proporções angulares (que serão avaliadas neste estudo) devem apresentar graus de abertura apropriados para a sua aptidão. Estes ângulos são formados pelos raios ósseos dos membros, inclinados entre si, formando os ângulos (Fotografia 2): escapulo-umeral (A), úmero-radial (B), metacarpo-falangeano (C), coxo-femoral (D), fêmuro-tibial (E), tíbio-metatarsiano (F), metatarso-falangeano (G), conforme demonstra a fotografia 2. Existe uma semelhança entre as estruturas e os ângulos dos membros torácicos e pélvicos em relação ao número, direção e função. Os ângulos de abertura dos membros torácicos exercem menor ação nos movimentos do animal e por isso são chamados complementares e os ângulos do membro pélvico, mais ativos são denominados impulsores. Para que o animal revele harmonia e a fim de que sua locomoção seja regular, é necessária uma relativa concordância entre as aberturas dos ângulos anteriores e posteriores.



Fotografia 2: Ângulos articulares: A - escápulo-umeral, B - úmero-radial, C - metacarpo-falangeano, D - coxo-femoral, E - fêmuro-tibial, F - metatarso-falangeano e G - tíbio-metatarsiano. Fonte: Autoria própria.

2.5 BIOFOTOGRAMETRIA

Segundo Cordarin et al. (2012), para avaliar o alinhamento dos segmentos corporais, inúmeros métodos têm sido empregados, tais como a análise visual, radiografias, câmeras de vídeo, goniometria e a fotogrametria. Dentre estes métodos, a biofotogrametria vem sendo preconizada para avaliação postural devido à relativa simplicidade da técnica, baixo custo e por ser capaz de quantificar alterações posturais difíceis de mensurar por inspeção.

“A biofotogrametria computadorizada desenvolveu-se pela aplicação dos princípios fotogramétricos às imagens fotográficas obtidas em movimentos corporais. A essas imagens foram aplicadas bases de fotointerpretação, gerando uma nova ferramenta de estudo da cinemática” (RICIERI, 2000 apud. PITA; PASCHOARELLI; SILVA, 2007).

A análise postural por meio de imagens se torna um meio mais confiável para reduzir os erros provocados pelas avaliações subjetivas da postura. A utilização de fotografias para avaliação da postura é um procedimento comum, porém deve ser utilizada com rigor, pois a metodologia empregada, apesar de simples, pode conter fatores que modificam o valor da medida, ou seja, erros podem ser introduzidos na medida realizada. (MOTA; MOCHIZUKI; CARVALHO, 2011)

Trata-se de um recurso para avaliação não-invasivo, que apresenta vantagens na efetividade de sua aplicação clínica, baixo custo do sistema de recolha e fotointerpretação da imagem, bem como, alta precisão e reprodutibilidade dos resultados. Dentro da metodologia para avaliação postural, é imprescindível que os pontos anatômicos referenciais sejam previamente demarcados nos indivíduos, para que os ângulos correspondam às imagens. Além disso, as imagens captadas devem ter boa qualidade, para possibilitar uma adequada interpretação fotogramétrica (SANCHEZ, 2008).

A fotointerpretação é realizada utilizando referências ósseas e articulares e suas relações com os planos e eixos, obtendo-se a construção de um mapa do segmento corporal a ser estudado condizente com a realidade sobre o qual se pretende refletir. (PITA; PASCHOARELLI; SILVA, 2007). A fotogrametria é uma ferramenta utilizada como auxílio durante o exame físico para quantificação de alterações posturais, alterações do equilíbrio estático e análise da mecânica respiratória. Com o aperfeiçoamento metodológico, esta técnica difundiu-se rapidamente e hoje é utilizada por vários profissionais da saúde para quantificação das alterações de estruturas corporais externas visíveis (CODARIN, 2012).

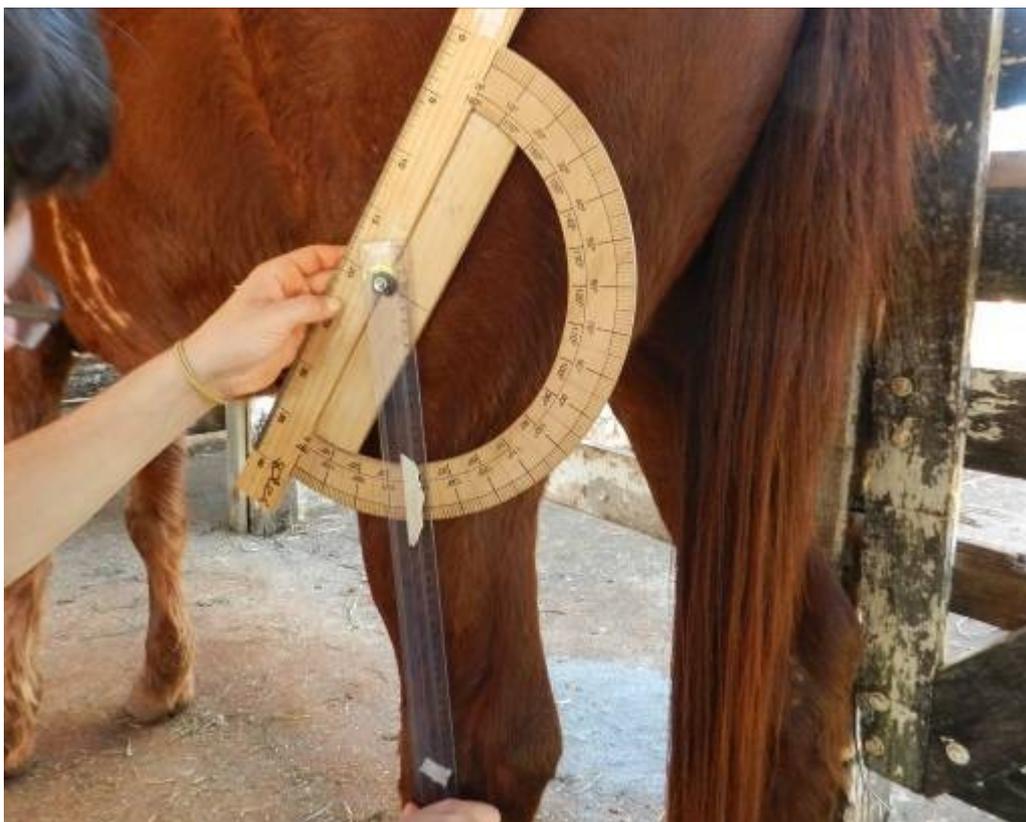
A avaliação postural, que precede um tratamento, requer registros fotográficos que servirão de parâmetro no decorrer da evolução do tratamento até os resultados finais. Pelos métodos convencionais registra-se a postura por fotografia e todos os outros dados são obtidos separadamente de forma manual, o que torna difícil a quantificação, pois trazem conceitos muito subjetivos, tais como: bom, mal e ruim, que não revelam com exatidão a real situação do paciente, e esses são os dados são colhidos para posterior análise. Com isso, não se tem uma avaliação postural com os dados sincronizados e quantificados sobre um mesmo plano de estudo (PITA; PASCHOARELLI; SILVA, 2007).

Com a biofotogrametria computadorizada é possível fazer um diagnóstico rápido, preciso e confiável baseado em imagem estática como a fotografia, ou mesmo através de imagem dinâmica. O importante na coleta de dados é que o pesquisador se torna responsável direto pelo sucesso ou não do sistema de análise, pois será à base de toda análise posterior a cerca de um fenômeno observado, portanto antes de colher as imagens é necessário posicionar os marcadores de superfície corretamente de acordo com o estudo que será realizado e para posicioná-los nos pontos adequados, um conhecimento de anatomia palpatória se faz necessário (PITA; PASCHOARELLI; SILVA, 2007). Portanto, com a fotografia de um cavalo transferida para um programa de computador, é possível calcular qualquer ângulo, desde que os marcadores de superfície estejam adequadamente posicionados nos segmentos avaliados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Dois Vizinhos, na propriedade rural, na Cabanha São João Bento, na UNEP Equinocultura da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos e em Francisco Beltrão no Centro de Treinamento e Doma IRMANDADE DAS DOMAS, no período de 27/06/2012 a 21/07/2012.

Foram medidos 22 animais em um delineamento inteiramente casualizado. As medidas foram obtidas com um hipômetro, uma trena para medir as distâncias da câmera até o cavalo e da altura de tripé, um transferidor pequeno de plástico, e um transferidor grande de madeira grande com uma régua de 60 cm parafusada ao centro para ajudar a obtenção dos ângulos reais dos animais (Fotografia 3).



Fotografia 3: Transferidor utilizado para mensuração de ângulos articulares reais. Fonte: Autoria própria.

Como forma de padronização, as medidas e as imagens foram mensuradas conforme Procópio (2007), que utilizou o lado esquerdo do animal, sobre um piso de cimento ou chão de terra com a menor irregularidade possível. O posicionamento dos membros torácicos e pélvicos foi baseado no artigo de

Lawrence (2006) que descreve a postura adequada para avaliação da conformação de equinos (Figura 5). Os 12 pontos articulares (TORRES; JARDIM, 1985) foram marcados com adesivos brancos (Fotografia 4) baseados no trabalho de Cabral (2004) que usou adesivos circulares de cor branca para marcar os pontos no corpo do animal, e Procópio (2007) que fixou 19 marcadores reflexivos nos pontos articulares do lado esquerdo dos animais para a digitalização das angulações dos animais.

POSTURA CORRETA DOS MEMBROS

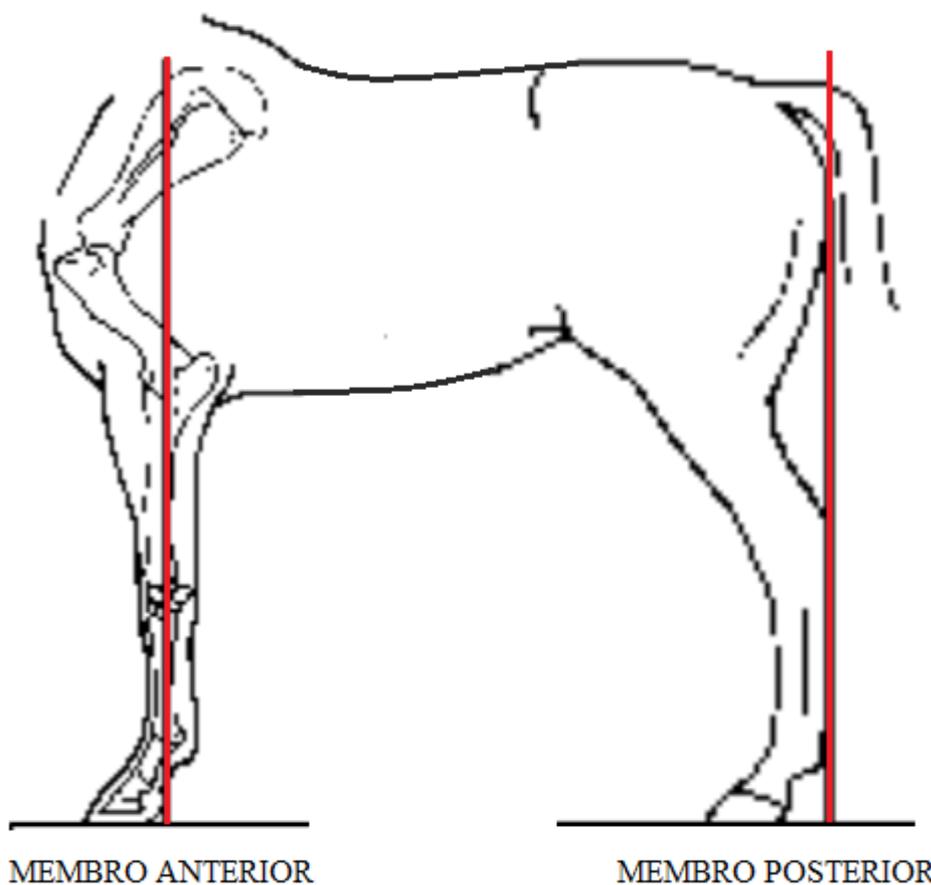
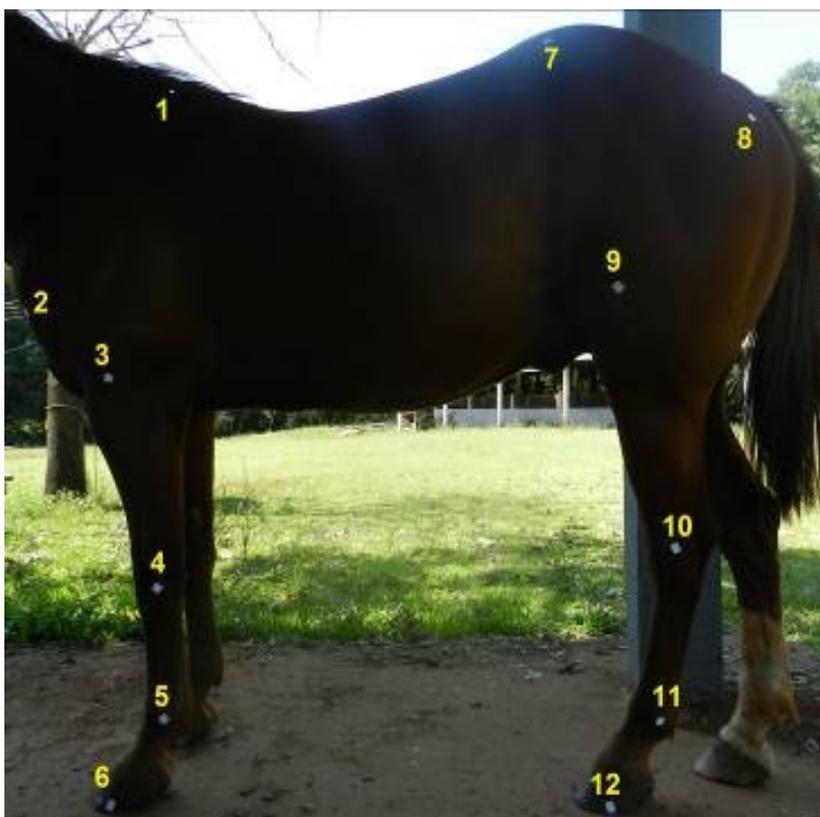
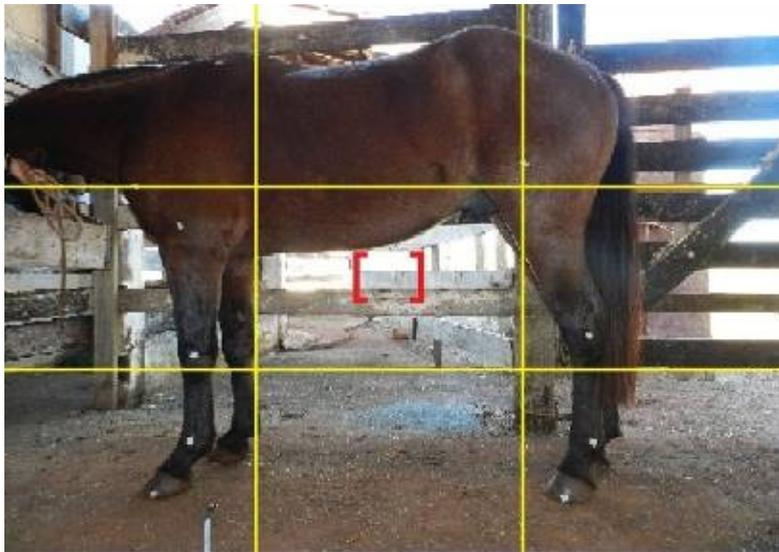


Figura 5: Posicionamento dos membros locomotores. Fonte: adaptado de Lawrence (2006, p. 2 e p. 6).



Fotografia 4: Pontos que foram demarcados na ocasião das fotos para determinação dos ângulos articulares no programa CorelDraw®. (1-margem dorsal da escápula, 2-articulação escápulo-umeral, 3-articulação úmero-rádio-ulnar, 4-articulação do carpo, 5-articulação metacarpo-falangeana, 6-articulação interfalangeana, 7-osso ílio, 8-articulação coxo-femoral, 9-articulação fêmuro-tibial, 10-articulação tarso-metatársica, 11-articulação metatarso-falangeana, 12-articulação interfalangeana).
Fonte: Autoria própria.

O corpo do cavalo foi registrado no plano lateral centralizando a câmera na região da 12^a costela, utilizando a opção de linhas de grade da câmera, o que permitiu um melhor enquadramento dentro da tela (Fotografia 5). Pelo menos 5 imagens do animal de cada posição diferente da câmera foram capturadas para avaliação e escolha da melhor fotografia.



Fotografia 5 – Linhas de grade da câmera utilizadas para o enquadramento. Fonte: Autoria própria.

As imagens foram capturadas seguindo um protocolo que considera o posicionamento do cavalo e da câmera (Figura 6). Dessa forma, os cavalos foram fotografados em uma postura padrão sobre uma superfície plana, em 4 posições diferentes da câmera.

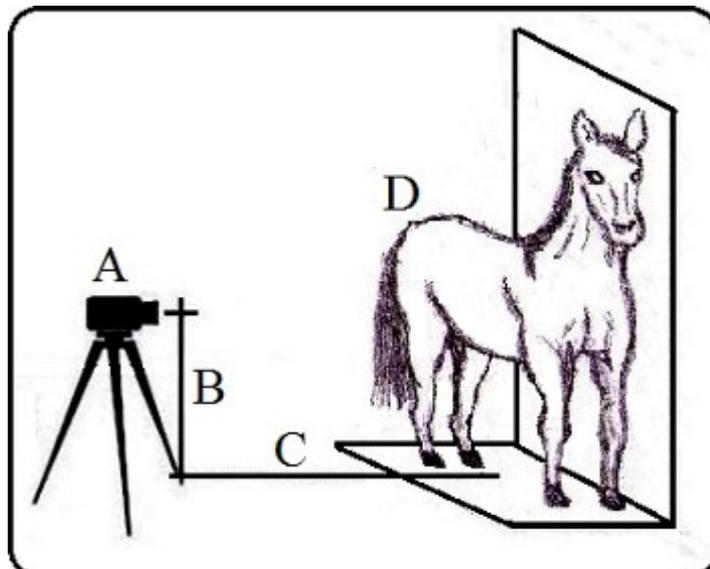


Figura 6 - Posicionamento para a recolha das imagens: A-câmera; B-distância entre o centro da lente e o solo; C-distância entre a câmera e o cavalo; D-cavalo posicionado para a recolha das imagens. Fonte: Autoria própria

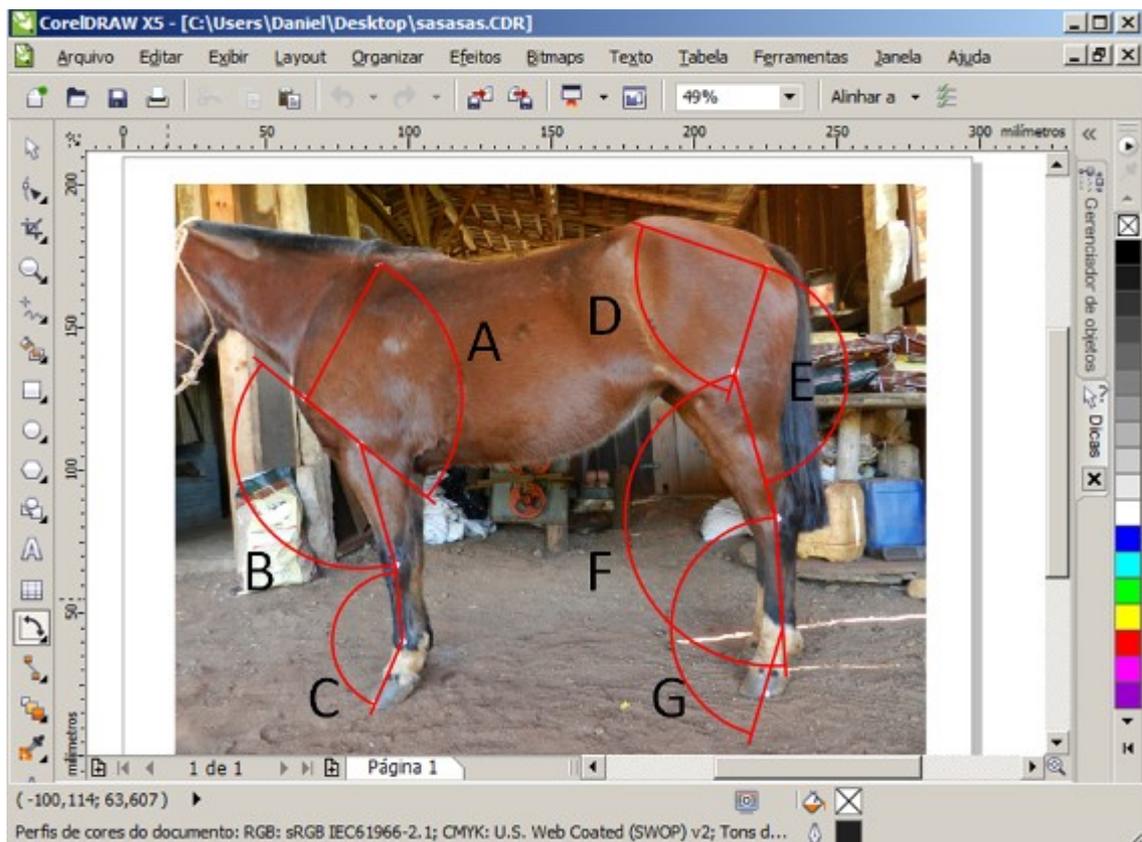
Os registros fotográficos foram realizados com uma máquina digital posicionada paralela ao chão, sobre um tripé nivelado sem utilizar zoom óptico ou

digital, armazenados no formato JPEG, em duas distâncias: a 1,50m do animal e à distância equivalente a 2 vezes a altura de cernelha do animal; e em duas alturas: a 0,75m de altura e equivalente à metade da altura de cernelha. Os valores fixos de distância e de altura de câmera foram utilizados com base na média de altura de cernelha dos cavalos domésticos de 1,50m (TORRES E JARDIM, 1985; CINTRA, 2011). Determinando os seguintes tratamentos (posições) com as respectivas distâncias e alturas de câmera, conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Tratamentos com as respectivas distâncias e alturas de câmera utilizadas neste trabalho.

Tratamento	Metodologia
1	Distância 1,50m e altura 0,75m
2	Distância 1,50m e altura na metade da altura de cernelha
3	Distância duas vezes a altura de cernelha e altura 075m
4	Distância duas vezes a altura de cernelha e altura na metade da altura de cernelha
Real (Controle)	Exame visual com mensurações no animal com um hipômetro e transferidor

As imagens digitais foram obtidas com uma câmera digital (NIKON P500) com distância focal da lente de 4,0 mm a 144,0 mm (ângulo de visão equivalente ao da lente de 22,5 mm a 810 mm em formato 35 mm). A resolução de imagem foi de 4000 x 3000 pixels. Posteriormente as imagens foram analisadas no programa Corel Draw® obtendo-se os ângulos A, B, C, D, E, F e G (Fotografia 6), que foram geradas utilizando a opção dimensão angular do mesmo programa.



Fotografia 6- Ângulos A: escápulo - umeral; b: úmero-radial; c radio - metacarpiano; d: metacarpo-falangeano; E: coxofemoral; F:fêmur-tibial; G:tíbio-metatarsiano; H: metatarso-falangeano. Fonte: Autoria própria.

As comparações foram feitas entre os ângulos das imagens, obtidos dos posicionamentos da câmera e em comparação com os ângulos obtidos pelo tratamento controle (exame visual). Os dados foram submetidos à análise de variância, e posteriormente à análise de correlação de Spearman e Kappa, para determinar qual posicionamento de câmera seria mais adequado para mensurar os ângulos articulares. A probabilidade de erro considerada foi 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A relevância deste trabalho foi utilizar técnicas aplicadas atualmente na análise postural de humanos e transferi-la para animais, demonstrando o uso da biofotogrametria como um método não invasivo para o animal, de fácil metodologia e utilização, além do custo relativamente baixo.

O momento de mensurar os ângulos reais com transferidores no corpo do animal foi um desafio devido à inquietação dos animais, principalmente quando um tempo mais longo era necessário para a obtenção dos dados. O terreno ideal para captura das imagens também foi um desafio, pois o posicionamento do cavalo em relação ao tripé é um fator que interfere na fotointerpretação gerando imagens insatisfatórias.

Dentre todos os animais avaliados, dois deles foram desconsiderados, pois a análise das imagens pelo programa Corel Draw® não foi satisfatória. Este fato ocorreu provavelmente devido a um mau posicionamento da câmera em pelo menos um dos tratamentos, demonstrando a importância do cuidado com a metodologia na ocasião da obtenção das imagens, sendo imprescindível o cuidado de se observar o terreno e o posicionamento do tripé com a câmera.

Os valores dos ângulos encontrados nos animais apresentaram variação dentro dos padrões, segundo Torres e Jardim (1985): ângulo escápulo-umeral (A) de 90° a 115°, ângulo úmero-radial (B) de 137° a 151°, ângulo metacarpo-falangeano (C) de 145° a 159°, ângulo coxo-femoral (D) de 76° a 88°, ângulo fêmuro-tibial (E) de 122° a 145°, ângulo tíbio-metatarsiano (F) de 154° a 161° e ângulo metatarso-falangeano (G) de 150° a 160°. Estas variações foram encontradas tanto dentre os dados reais como os valores angulares encontrados no programa CorelDraw® (Tabela 3).

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos quando submetidos à análise de variância. Este resultado demonstra que independentemente das posições de câmera avaliadas neste estudo, as imagens podem ser utilizadas para mensurar os ângulos articulares dos cavalos, desde que a metodologia seja respeitada. Desta forma, os dados foram submetidos à análise de correlação (Spearman e Kappa) para determinar qual das posições apresentadas

nos tratamentos seria a mais adequada para mensurar os ângulos articulares dos cavalos, e que estas medidas fossem as mais próximas às medidas reais.

Tabela 3. Médias, desvios-padrão das variáveis angulares reais e medidas no programa Corel Draw®*.

	Corel Draw				
	Real	T1	T2	T3	T4
Ângulo A: escápulo-umeral	107,8 ± 4,2	102,2 ± 5,4	104,5 ± 5,6	102,6 ± 6,3	103,5 ± 5,4
Ângulo B: úmero-radial	143,1 ± 2,4	142,3 ± 2,8	142,7 ± 2,8	143,0 ± 2,9	142,65 ± 2,6
Ângulo C: metacarpo-falangeano	153,5 ± 2,9	153,4 ± 2,8	153,4 ± 2,7	153,0 ± 3,2	153,2 ± 2,8
Ângulo D: coxo-femoral	85,8 ± 0,8	83,4 ± 3,2	84,0 ± 1,7	83,6 ± 1,9	83,5 ± 2,5
Ângulo E: fêmuro-tibial	131,3 ± 6,3	131,7 ± 5,7	131,5 ± 5,9	132,1 ± 5,7	131,7 ± 5,6
Ângulo F: tíbio-metatarsiano	157,4 ± 1,8	158,4 ± 2,2	158,0 ± 1,3	158,5 ± 1,5	157,9 ± 2,3
Ângulo G: metatarso-falangeano	155,3 ± 2,8	155,5±2,5	155,8 ± 2,4	155,6 ± 2,6	155,5 ± 3,0

* Não houve diferença estatística de acordo com a análise de variância ($p>0,05$).

Foi utilizada a correlação de Spearman (Tabela 4) em conjunto com a correlação de Kappa (Tabela 5) para analisar os dados obtidos através das imagens e demonstrar qual o melhor tratamento para cada ângulo. Após as comparações dos tratamentos com o controle (real) em ambos os testes estatísticos, o resultado

demonstrou que, dentre os sete ângulos analisados, cinco deles apresentaram alta correlação conforme os dois testes estatísticos: ângulo A: tratamento 2 com correlação de Spearman de 0,848 (p-valor = $2,30 \times 10^{-6}$), e correlação de Kappa de 0,301 sendo qualificado como considerável; ângulo B: tratamento 1 com correlação de Spearman de 0,827 (p-valor = $6,95 \times 10^{-6}$), e correlação de Kappa de 0,654 sendo considerado substancial; ângulo C: tratamento 4 com correlação de Spearman de 0,955 (p-valor = $5,44 \times 10^{-11}$), e correlação de Kappa de 0,916 sendo considerado excelente; ângulo E: tratamento 2 com correlação de Spearman de 0,961 (p-valor = $1,77 \times 10^{-11}$), e correlação de Kappa de 0,812 sendo considerado excelente; ângulo G: tratamento 4 com correlação de Spearman de 0,895 (p-valor = $9,55 \times 10^{-8}$), e correlação de Kappa de 0,632 sendo considerado substancial.

Tabela 4: Valores de correlação de Spearman entre os tratamentos e os ângulos Reais e respectivos p-valores.

	T1	p-valor	T2	p-valor	T3	p-valor	T4	p-valor
Ângulo A	0,765*	$8,54 \times 10^{-5}$	0,848*	$2,30 \times 10^{-6}$	0,779*	$5,23 \times 10^{-5}$	0,792*	$3,11 \times 10^{-5}$
Ângulo B	0,827*	$6,95 \times 10^{-6}$	0,728*	$2,75 \times 10^{-4}$	0,688*	$7,93 \times 10^{-4}$	0,624*	$3,30 \times 10^{-3}$
Ângulo C	0,956*	$5,04 \times 10^{-11}$	0,848*	$2,37 \times 10^{-6}$	0,895*	$9,98 \times 10^{-8}$	0,956*	$5,44 \times 10^{-11}$
Ângulo D	0,725*	$3,2 \times 10^{-4}$	0,608*	$4,48 \times 10^{-3}$	0,320*	$1,69 \times 10^{-1}$	0,610*	$4,30 \times 10^{-3}$
Ângulo E	0,924*	$6,32 \times 10^{-9}$	0,961*	$1,77 \times 10^{-11}$	0,874*	$4,65 \times 10^{-7}$	0,868*	$7,08 \times 10^{-7}$
Ângulo F	0,482*	$3,14 \times 10^{-2}$	0,791*	$3,25 \times 10^{-5}$	0,748*	$1,48 \times 10^{-4}$	0,723*	$3,17 \times 10^{-4}$
Ângulo G	0,868*	$7,23 \times 10^{-7}$	0,793*	$3,05 \times 10^{-5}$	0,883*	$2,45 \times 10^{-7}$	0,896*	$9,55 \times 10^{-8}$

*teste de correlação de Sperman $p > 0.05$

Tabela 5: Teste de Correlação de Kappa.

	T1	T2	T3	T4
Ângulo A	0,0196*****	0,3007****	0,1391****	0,1892****
Ângulo B	0,6537**	0,6491**	0,5763***	0,5516***
Ângulo C	0,8361****	0,6911**	0,9142*	0,9156*
Ângulo D	0,1071****	0,0674*****	0,2270****	0,2857****
Ângulo E	0,5092***	0,8125*	0,5597***	0,5046***
Ângulo F	0,3711****	0,3684****	0,3684****	0,6053***
Ângulo G	0,6269**	0,4097****	0,5588***	0,6323**

Critérios de concordância de acordo com o valor de Kappa (5% de probabilidade de erro):

***** - Pobre (0 a 0,20); **** - Considerável (0,21 a 0,40); *** - Moderada (0,41 a 0,60); ** Substancial (0,61 a 0,80); * - Excelente (0,81 a 1,00).

Ocorreu uma diferença de correlação de tratamento em cada teste para dois, dos sete ângulos. Para o ângulo D, o tratamento 1 apresentou maior correlação pelo teste de Spearman (0,725 com p-valor = $3,2 \times 10^{-4}$), enquanto o teste de Kappa determinou que o tratamento 4 apresentou maior correlação com o ângulo real com o resultado de 0,286, sendo classificado como considerável. Também para o ângulo F, o teste de Spearman determinou maior correlação do tratamento 2 resultado de 0,791 (p-valor = $3,25 \times 10^{-5}$), enquanto o teste de Kappa demonstrou a correlação maior do tratamento 4 com resultado de 0,605 sendo considerado moderado.

Uma variação maior nos ângulos A e D foi observada em comparação aos outros ângulos. Provavelmente, devido à utilização de uma lente côncava de 0,4 mm, que equivale a 22,5 mm em uma câmera de 35 mm de distância focal (full-frame). O zoom também não foi utilizado, portanto, como estes ângulos ficaram distantes em relação ao centro da imagem, podendo ter ocorrido uma distorção que alterou significativamente os ângulos, proporcionando uma pequena deformação na imagem.

Foi possível observar com os resultados (Tabela 6) que, dentre os sete ângulos avaliados, os ângulos C, D, F e G podem ser avaliados pelo tratamento 4, isto é com uma distância equivalente a duas vezes a altura de cernelha e altura de

câmera equivalente à metade da altura de cernelha. Este resultado demonstra que a posição da câmera deve variar de acordo com o porte do animal para evitar distorções de imagem e obter mensurações mais próximas das reais.

Tabela 6: Resultados dos tratamentos

Ângulo	Tratamento	Metodologia	
		Distância*	Altura**
A	T2	1,50m	metade da altura de cernelha
B	T1	1,50m	0,75m
C	T4	2 vezes a altura de cernelha	metade da altura de cernelha
D	T4	2 vezes a altura de cernelha	metade da altura de cernelha
E	T2	1,50m	metade da altura de cernelha
F	T4	2 vezes a altura de cernelha	metade da altura de cernelha
G	T4	2 vezes a altura de cernelha	metade da altura de cernelha

*distancia do tripé do cavalo, **altura do tripé com a câmera em relação ao chão.

Os resultados demonstram as evidências positivas da biofotogrametria como método para a análise e avaliação da morfologia equina, mostrando-se como uma ferramenta prática para análise de dados. Os valores angulares médios encontrados neste trabalho variaram de animal para animal em função do porte e tamanho dos animais, considerando que foram avaliados fêmeas e machos adultos de várias idades.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo verificou, que através da biofotogrametria pode-se avaliar a morfologia de equinos para se analisar e avaliar se eles possuem as angulações e posturas ideais, demonstrando uma melhor análise prática sobre os resultados de avaliação e qualidade de exemplares das mais variadas raças, permitindo a obtenção de um arquivo de dados de fácil manuseio com dados de diferentes animais.

Observou que o tratamento 4 se mostrou o melhor tratamento em relação aos outros, por demonstrar ser o melhor tratamento em quatro ângulos, seguido do tratamento 2 que representou dois dos ângulos, e o tratamento 1 em um dos ângulos,

5 REFERÊNCIAS

ABCCC. **História da ABCCC**. Disponível em:

<<http://www.racacrioula.com.br/site/content/entidade/historia.php>>. Acesso em: 03 out. 2011.

BETTO FILHO, Roberto César, LONGO, Celso Eduardo Martini, ROSA, Eric Pivari. Métodos Semiológicos do Aparelho Locomotor em Equinos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Garça/FAMED**, ano IV, n.08, Jan.2007

CABRAL, Grasielle C. Avaliação morfométrica de eqüinos da raça mangalarga marchador: medidas angulares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1790-1797, 2004 (Supl. 1).

CHRISTOVÃO, F.G. et al. Análise cinemática tridimensional do movimento de eqüinos em esteira rolante. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.59, n.4, Belo Horizonte, Ago. 2007.

CINTRA, Andre G. C. **O cavalo: Características, manejo e alimentação**. São Paulo: Roca, 2010.

CODARIN, Gabriela F. et al., Análise das distorções em leituras angulares de imagens fotográficas. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.16, n.4, São Carlos, Jul./Ago., 2012.

CONCEIÇÃO, Renato T. et al., Goniometria dos membros torácicos e pélvicos de ovinos em duas faixas etárias. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 32, n. 8, p. 812-816, Ago., 2012.

DAVIES, Z; PILLINER, S; ELMHURST, S . **The horse in Motion**. Oxford: Blackwell Science, 2002.

DENOIX, J-M. 1994. Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limbs (manus and pes). **Vet. Clin. N. Am. Equine Pract.** 10: 273-322, 1994.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária.** RIO DE JANEIRO: GUANABARA KOOGAN, 1990

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 12 - Efetivo de equinos em 31.12 e participações relativa e acumulada no efetivo total, segundo as Unidades da Federação e os 20 municípios com os maiores efetivos em 2010.** Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/tabelas_pdf/tab12.pdf>
> Acesso em 20 de out. de 2012.

LAWRENCE, L. A. **Horse Conformation Analysis.** Former Extension Equine Specialist. Washington State University, 2006. Disponível em: <
<http://cru.cahe.wsu.edu/cepublications/eb1613/eb1613.pdf>> acesso em 20/04/2012.

MARANHÃO, Renata de Pino A. et al., Avaliação biométrica do equilíbrio podal de equídeos de tração no município de belo horizonte. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 2, p. 297-305, abr./jun. 2007.

MELO, Ubiratan P. et al., Biometria e alterações do equilíbrio podal em equinos utilizados em vaquejada. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, n.4, p.368-375, 2011

MENEGHETTI, Cristiane H. Z. et al. Influência da hipoterapia no equilíbrio estático em um indivíduo com doença de Charcot-Marie-Tooth. **Rev. Neurocienc.** 2012.

MOTA, Yomara L.; MOCHIZUKI, Luis; CARVALHO, Gustavo de Azevedo, Influência da Resolução e da Distância da Câmera nas Medidas feitas pelo *Software* de Avaliação Postural (SAPO). **Ver. Brás. Med. Esporte**, v. 17, n. 5, Set/Out, 2011.

NAVIAUX, James L. **Cavalos na saúde e na doença**. 2º ed. São Paulo: Roca, 1988.

PINTO, Luís F. B. et al. Análise multivariada das medidas morfométrica de potros da raça mangalarga marchador: análise fatorial. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.34, n.2, p.613-626, 2005.

PITA, Marisa de Castro; PASCHOARELLI, Luis Carlos; SILVA, José Carlos Plácido da. Biofotogrametria computadorizada: aplicação na avaliação postural fisioterapêutica e sua contribuição para o design ergonômico. **Anais... VII ERGODESIGN e VII USICH**. Balneário Camboriú/SC: NPDESIGN - UNIVALI, 2007.

PROCÓPIO, A. M. et al. Curvas ângulo-tempo das articulações dos equinos marchadores. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.59, n.1, p.41-48, 2007.

RICIERI, D. V. **Biofotogrametria – Análise cinemática angular dos movimentos – a ciência e seus segredos**. 2ª ed. Revista e Ampliada, Curitiba, Inspirar – Centro de Estudos e Pesquisa e Extensão em Saúde, 2005

SANCHEZ, Hugo M. et al. Avaliação postural de indivíduos portadores de deficiência visual através da biofotogrametria computadorizada. **Fisioter. Mov.** v. 2, n. 21, p. 11-20 Abr./Jun., 2008.

SANTOS, Carlos Anselmo dos et al., Influência da Biomecânica Angular das Articulações Escapulo-Umeral, Coxo-Femural e Tibio-Metatarsiana na Prova de Andamento dos Cavalos da Raça Crioula. **Archives of Veterinary Science**, v.16, n.1, p.37-43, 2011

TOLEDO, A.P. **Mecânica de sustentação e locomoção dos equinos**. 1ª ed., São Paulo, Panamed editorial, 1985.

TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia et al. **Fotogrametria: Aplicações a Curta Distância**. In: MENEGUETE JÚNIOR, M., ALVES, N (Org.) FCT 40 Anos – Perfil Científico Profissional. p. 147-159, 1999.

TORRES, A.P.; JARDIM, W.R. **Criação do cavalo e de outros equinos**. São Paulo: Nobel, 1985.

