



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA ANIMAL: EQUINOS**

**EFEITO DO INTERVALO ENTRE FERRAGEAMENTOS EM MENSURAÇÕES
RADIOGRÁFICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS TORÁVICOS DE EQUINOS
HÍGIDOS DA RAÇA CRIOULA**

DANIEL VIANNA LUZ

PORTO ALEGRE, 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA ANIMAL - EQUINOS**

**EFEITO DO INTERVALO ENTRE FERRAGEAMENTOS EM MENSURAÇÕES
RADIOGRÁFICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS
HÍGIDOS DA RAÇA CRIOLA**

Autor: Daniel Vianna Luz

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Medicina Animal: Equinos da Faculdade de Veterinária UFRGS como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Marcelo Meller Alievi

**PORTO ALEGRE
2019**

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

CIP - Catalogação na Publicação

Luz, Daniel Vianna
EFEITO DO INTERVALO ENTRE FERRAGEAMENTOS EM
MENSURAÇÕES RADIOGRÁFICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS
TORÁDICOS DE EQUINOS HÍGIDOS DA RAÇA CRIOULA / Daniel
Vianna Luz. -- 2019.
76 f.
Orientador: Marcelo Meller Alievi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa
de Pós-Graduação em Medicina Animal: Equinos, Porto
Alegre, BR-RS, 2019.

1. radiologia. 2. cavalos. 3. casqueamento. 4.
medidas. I. Alievi, Marcelo Meller, orient. II.
Titulo.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DANIEL VIANNA LUZ

**EFEITO DO INTERVALO ENTRE FERRAGEAMENTOS EM MENSURAÇÕES
RADIOGRÁFICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS
HÍGIDOS DA RAÇA CRIOLA**

APROVADA POR:

Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi
Orientador e Presidente da Comissão

Prof. Dr. Gustavo Zimmermann Winter
Membro da Comissão

Dr. Luciano Cavalheiro Melo
Membro da Comissão

Dra. Fernanda Silveira Nóbrega
Membro da Comissão

AGRADECIMENTOS

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador Marcelo Alievi pela oportunidade, confiança e colaboração.

À UFMG, ao professor Dr. Rafael Faleiros e a Dra. Jéssica Magalhães pela inestimável ajuda na realização das mensurações.

À minha esposa pela parceria e apoio incondicionais.

Aos meus pais por me proporcionarem as oportunidades.

Ao meu irmão e sua equipe pelo ferrageamento dos animais.

Ao César pela ajuda nos cálculos estatísticos.

Aos tutores dos animais pela compreensão e apoio.

À UFRGS pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

À CAPES pela bolsa de estudo.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAID: Ângulo da articulação interfalângica distal
AAIP: Ângulos da articulação interfalângica proximal
AC: Ângulo do casco
ACL: Ângulo da parede lateral do casco
ACM: Ângulo da parede medial do casco
ACoL: Altura na coroa lateral
ACoM: Altura na coroa medial
AeQC: Ângulo do eixo quartela-casco
AFD: Ângulo da falange distal
AID: Articulação interfalângica distal
AIP: Articulação interfalângica proximal
AP: Ângulo palmar
CCa: Comprimento do casco
CCo: Comprimento da coroa
CFM: Comprimento da falange média
cm: Centímetros
CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CP: Centro da pressão
CPD: Comprimento da parede dorsal
CPL: Comprimento da parede lateral
CPM: Comprimento da parede medial
CR: Centro de rotação
CRC: Centro de rotação do casco
DA: Distância de afundamento
DFDBo: Distância da falange distal ao *breakover*
DFDCd: Distância da falange distal ao casco distal
DFDCL: Distância da falange distal ao casco lateral
DFDCM: Distância da falange distal ao casco medial
DFDCp: Distância da falange distal ao casco proximal
DFDP: Distância da falange distal à pinça
DFDS: Distância da falange distal ao solo
DFDSL: Distância da falange distal ao solo lateral

DFDSM: Distância da falange distal ao solo medial

DP: Dorsopalmar/plantar

FD: Falange distal

FM: Falange média

FP: Falange proximal

FRS: Força de reação do solo

LC: Largura do casco

LCo: Largura da coroa

LM: Lateromedial

mm: Milímetros

MPs: Membros pélvicos

MTs: Membros torácicos

PS: Profundidade da sola

RM: Ressonância magnética

SP: Suporte de pinça

TFDP: Tendão flexor digital profundo

TFDS: Tendão flexor digital superficial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estruturas anatômicas da porção distal do dígito.....	17
Figura 2. Anatomia externa do casco.....	17
Figura 3. Representação demonstrando as forças atuando na plano sagital do casco em repouso.....	22
Figura 4. Representação demonstrando o alinhamento entre os ossos da quartela e do casco, e entre a parede dorsal e os talões.....	23
Figura 5. Desenho esquemático de uma projeção LM demonstrando 16 parâmetros que podem ser mensurados.....	35
Figura 6. Projeção LM do casco demonstrando a aferição do AC, do AFD e do AP..	36
Figura 7. Projeção LM do casco demonstrando a aferição dos ângulos da AIP e da AID.....	39
Figura 8. Projeção LM do casco demonstrando a aferição do ângulo do eixo quartel-casco.....	40
Figura 9. Projeção LM do casco demonstrando a aferição do CRC e do SP.....	41
Figura 10. Projeção LM do casco demonstrando a aferição da DA, da DFDCp, da DFDCd e da PS.....	43
Figura 11. Projeção LM do casco demonstrando a aferição CCo, do CPD, do CCa, da DFDS, da DFDP e da DFDBo.	45
Figura 12. Representação demonstrando o efeito da redução da DFDBo no tamanho do braço do momento extensor da AID.....	46
Figura 13. Projeção DP do casco demonstrando a aferição de 12 parâmetros. ...	49
Figura 14. Projeção LM do casco demonstrando os parâmetros lineares mensurados.....	55
Figura 15. Projeção LM do casco demonstrando os parâmetros angulares aferidos e o suporte da pinça.....	56
Figura 16. Projeção DP do casco demonstrando 12 parâmetros angulares e lineares aferidos.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva para a projeção DP.	66
Tabela 2: Estatística descritiva para a projeção LM.	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Anatomia do casco.....	16
2.2 Biomecânica do casco	18
2.2.1 Força de reação do solo, centro da pressão e centro da rotação	20
2.3 Conformação e equilíbrio do casco.....	22
2.4 Crescimento do casco e intervalo entre ferrageamentos	25
2.5 Ferraduras.....	27
2.6 Patologias de casco	28
2.7 Métodos de aferir a conformação dos cascos.....	29
2.8 Avaliação radiográfica do casco.....	31
2.8.1 Projeções radiográficas.....	32
2.8.2 Mensurações realizadas	34
2.8.3 Projeção lateromedial.....	35
2.8.3.1 Ângulo da falange distal (AFD)	35
2.8.3.2 Ângulo do casco (AC)	36
2.8.3.3 Ângulo palmar/plantar da FD (AP)	37
2.8.3.4 Ângulos das articulações interfalângicas proximal (AAIP) e distal (AAID) e ângulo do eixo quartela-casco (AeQC)	38
2.8.3.5 Centro de rotação do casco (CRC) e o suporte da pinça (SP).....	41
2.8.3.6 Distância da banda coronária ao processo extensor (Distância de afundamento - DA).....	42
2.8.3.7 Espessura da parede dorsal do casco (DFDCp/DFDCd)	43
2.8.3.8 Profundidade da sola	44
2.8.3.9 Comprimento da pinça do casco (DFDP).....	44
2.8.3.10 Distância do ponto de <i>breakover</i> (DFDBo).....	45

2.8.2.11 Distância da FD ao solo (DFDS)	47
2.8.3.12 Comprimento da parede dorsal do casco (CPD).....	47
2.8.3.13 Comprimento do casco (CCa)	47
2.8.3.14 Comprimento da coroa do casco (CCo)	48
2.8.2 Projeção dorsopalmar (plantar).....	48
3. ARTIGO	50
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
5. REFERÊNCIAS.....	72

EFEITO DO INTERVALO ENTRE FERRAGEAMENTOS EM MENSURAÇÕES RADIOGRÁFICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS HÍGIDOS DA RAÇA CRIOULA

RESUMO

As doenças que envolvem os cascos dos equinos são, geralmente, a causa mais comum de claudicação nesta espécie e estão associadas a conformação do dígito. O crescimento do casco que ocorre no intervalo entre os ferrageamentos altera sua morfologia e, portanto, as forças internas que atuam sobre as estruturas anatômicas. A avaliação objetiva do equilíbrio do casco pode ser realizada através de radiografias que permitem a aferição de diversas medidas angulares e lineares. Este estudo investigou como estas medidas são afetadas em um intervalo de quatro (S4) e de oito (S8) semanas após o ferrageamento em uma população de cavalos hígidos da raça Crioula que foram ferrageados por um mesmo profissional experiente. Usando um programa computacional específico, foram realizadas 18 medidas na projeção LM e 12 na projeção DP para investigar o efeito do crescimento do casco ao longo do tempo. As alterações encontradas puderam ser estatisticamente verificadas em 28 parâmetros do total de 30 aferidos, sendo que, em apenas seis não houve diferença significativa já na quarta semanas após o casqueamento. As medidas que sofreram a maior variação expressam, principalmente, o comportamento do crescimento da região da pinça do casco. O ângulo do casco e da falange distal diminui (S4 e S8) e o ângulo da articulação interfalângica distal aumenta (principalmente na S8) em comparação com o início do experimento. Há um aumento expressivo da distância da falange distal (FD) à pinça, da distância da FD ao ponto do *breakover*, da distância da FD ao solo e da profundidade da sola (S4 e S8), que são medidas que reproduzem a posição da FD em relação ao estojo córneo. Os resultados sugerem que um período de tempo menor entre ferrageamentos, mais próximo às quatro semanas, pode diminuir o efeito cumulativo do crescimento do casco e limitar as mudanças drásticas que ocorrem quando o casco é aparado em intervalos maiores.

Palavras-chave: radiologia, cavalos, casqueamento, medidas

EFFECTS OF THE INTERVAL BETWEEN SHOEINGS IN THE RADIOGRAPHIC MEASUREMENTS OF THE FORELIMB HOOVES OF HEALTHY CRIOLLO HORSES

Abstract

Equine hoof pathologies are, generally, the most common cause of lameness in this species and are associated with the digit conformation. Hoof growth that occurs in the interval between shoeing alters its morphology and, therefore, the internal forces that act on the anatomical structures. Objective evaluation of hoof balance can be done through radiographs, which allows the analysis of several angular and linear measurements. This study investigated how these measurements are affected at an interval of four- and eight-weeks post-shoeing in a population of healthy Criollo horses that were shod by the same experienced farrier. Using a specific software, 18 measurements were made in the lateromedial projection and 12 in the dorsopalmar projection to investigate the effect on hoof growth over time. The alterations found could be statistically verified in 28 of a total of 30 parameters, and in only six there was no significant difference in the four weeks post-shoeing. The measures that had the greatest variation mainly expressed the pattern of growth activity of the toe region. The angle of the hoof and distal phalanx decreases (at week four and eight) and the angle of the distal interphalangeal joint increases (mostly at week eight). There is an increase in the distance between the distal phalanx (DP) to the toe, the distance between the DP to the breakover point, the distance from the DP to the ground and the depth of the sole (at week four and eight), which are measures that reproduce the relationship of the position of the DP to the hoof capsule. The results suggest that shoeing interval that is closer to four weeks may decrease the cumulative effect of hoof growth and limit the drastic changes that occur when the hoof is trimmed at longer intervals.

Key words: radiology, equine, trimming, measures.

1. Introdução

O agronegócio brasileiro é reconhecido internacionalmente como uma potência e, da mesma forma, a equinocultura nacional. O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento classificou a atividade como parte integrante da pecuária em virtude de sua importância econômica e social (VIEIRA, 2011). A população de equídeos brasileira atualmente estimada é superior a cinco milhões de cabeças, computados os cavalos de trabalho, de raça, de lazer e de competição (MAPA, 2016). A população nacional de equinos é a quarta maior do mundo atrás apenas dos Estados Unidos, México e China (CFMV, 2010). O complexo do agronegócio equino no país movimenta cerca de R\$ 16 bilhões e gera cerca de três milhões de empregos diretos e indiretos, números bem superiores aos de outros setores que tem uma visibilidade maior que o agronegócio ligado ao cavalo (MAPA, 2016).

As publicações científicas de maior destaque na equinocultura concentram-se em medicina, reprodução e sanidade. As pesquisas nestas áreas refletem as tendências atuais da indústria equina, com enfoque na medicina esportiva, neonatologia, técnicas de diagnóstico clínico, novas tecnologias da reprodução, estudos avançados sobre sanidade e doenças dos equinos, assim como estudos sobre comportamento e bem-estar nos sistemas de produção de equinos (de ALMEIDA; SILVA, 2010).

A espécie equina é conhecida e admirada por sua capacidade atlética e de trabalho, logo, o entendimento e a compreensão das bases fisiológicas para essas habilidades têm sido o enfoque de muitos grupos de pesquisa. O desempenho de um equino atleta é determinado por muitos processos biológicos complexos interdependentes. Compreender como esses processos ocorrem e se relacionam é fundamental para que um cavalo seja manejado eficientemente durante a sua vida competitiva e ainda tenha o seu bem estar garantido. De acordo com Bayly (2004) este conhecimento é, também, fundamental para a aplicação clínica de fisiologia e de princípios patológicos, e, por conseguinte, necessário para assegurar o diagnóstico e o manejo bem-sucedido das doenças relacionadas ao exercício em cavalos. O diagnóstico e o tratamento das doenças dos equinos atletas são uma especialidade que exigem não só a capacidade de reconhecer e tratar anormalidades clínicas, mas também, uma compreensão das demandas fisiológicas do exercício e as exigências da competição e do treinamento.

As doenças que envolvem os cascos dos equinos são a causa mais comum de claudicação nesta espécie, principalmente no membros anteriores (DYSON et al., 2011a) e várias são as razões que contribuem para isto. As alterações no casco, resultantes ou não do casqueamento e/ou do ferrageamento também podem atuar ou influenciar o início de lesões em outras estruturas do sistema musculoesquelético. Segundo Moyer e Carter (2007) o casco de um equino, independentemente de sua idade ou raça, pode ser facilmente inspecionado e manipulado, sendo uma unidade anatômica onde são frequentes e recorrentes as lesões. Entretanto, muitas vezes os achados clínicos são difíceis de serem interpretados e devem ser analisados correlacionando o resultado dos exames complementares com o que pode ser visto e palpado no exame físico.

O exame radiográfico do casco do equino tem sido utilizado com o intuito de diagnosticar e prevenir patologias e, também, para planejar e auxiliar o casqueamento e o ferrageamento corretivos, pois é sabido que estes possuem enorme influência na saúde dos cascos. Muitos veterinários e ferradores acreditam que um grande número de claudicações em equinos poderia ser tratada ou prevenida com o ferrageamento correto (O'GRADY; POUPARD, 2003). Academicamente e, principalmente, nas práticas cotidianas, é possível realizar diversas mensurações através de um exame radiográfico do casco, a fim de estabelecer as proporções geométricas do dígito. Este conjunto de informações fornece uma avaliação objetiva da morfologia do membro e, juntamente aos achados do exame físico, possibilitam ao médico veterinário clínico e ao ferrador uma oportunidade de fazer uma acurada intervenção.

Sabe-se que o casqueamento e o ferrageamento podem mudar o formato dos cascos mesmo em condições normais, porém, qualquer mudança abrupta no formato e na posição dos cascos pode afetar a coordenação e o equilíbrio geral do equino, predispondo a lesões (FOOR, 2007).

Os cascos dos cavalos crescem continuamente, levando cerca de um ano para se renovar completamente (POLLIT, 1990). Este crescimento é naturalmente limitado pelo desgaste causado pelo deslocamento em busca de alimento e refúgio nos cavalos de vida selvagem. A população equina doméstica, ao contrário, não possui taxas de crescimento e de desgaste iguais, resultando em um crescimento excessivo e que tem o potencial de causar lesões no casco e no membro. O casqueamento em intervalos regulares é, portanto, necessário para simular o desgaste natural (RAMSEY, 2011).

Em geral, o período entre os ferrageamentos varia entre quatro a oito semanas, podendo se estender, muitas vezes, por um período ainda mais longo (LESNIAK *et al.*, 2017), variando de acordo com o tipo de demanda esportiva, características ambientais, variações morfológicas e até disponibilidade financeira. Entretanto, ainda não há um consenso sobre o intervalo ideal entre as sessões de ferrageamento, assim como uma compreensão aprofundada das alterações relacionadas a cada período utilizado.

Este trabalho tem como objetivo contribuir para o entendimento das alterações relacionadas ao efeito do crescimento do casco no intervalo entre ferrageamentos, avaliando o equilíbrio longitudinal e médio-lateral do casco de equinos hípidos através de mensurações objetivas realizadas por meio de projeções radiográficas lateromediais (LM) e dorsopalmares (DP) tomadas no momento do ferrageamento e após quatro e oito semanas.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Anatomia do casco

O cavalo é um animal quadrúpede que pertence ao grupo de mamíferos que possuem cascos, denominados de ungulados. O dígito é especificamente adaptado para rápidos deslocamentos. O casco dos equinos é uma estrutura biomecânica altamente otimizada para fornecer as funções estruturais de suporte, tração, proteção ao ambiente, auxílio circulatório, termorregulação e propriocepção (RAMSEY, 2011).

O casco é um derivado da pele, semelhante a unha nos humanos, formado externamente pela epiderme (parede do casco) que é composta basicamente por proteínas, principalmente a queratina. Subjacente à esta está a derme, um tecido formado por colágeno e que contém a irrigação sanguínea e a inervação da epiderme. Dentro do casco, a derme é denominada de acordo com a região que se situa: a derme subjacente à sola é a solear (ou *corium* solear), a que se situa entre as paredes dorsais e laterais do casco é a laminar (ou *corium* laminar), a da ranilha e a do periópio (ou coronária). Entre a epiderme e a derme, existem as lâminas do casco; as epidermais são insensíveis e se estendem verticalmente da coroa à sola, se interdigitando com as lâminas dermais sensíveis (DAVIES; PHILIP, 2007). A interdigitação destas lâminas é a responsável pela conexão da parede do casco ao osso internamente, região chamada de junção laminar (RAMSEY, 2011).

O casco do equino possui diversas estruturas no seu interior (Figura 1), dentre as quais se destacam a falange distal (FD), o osso sesamoide distal (osso navicular), a porção distal da falange média (FM), a articulação interfalângica distal (AID), a porção distal dos ligamentos colaterais da AID, a porção distal do tendão flexor digital profundo (TFDP), o ligamento ímpar do navicular (ligamento distal), os ligamentos colaterais do navicular, o ligamento suspensório (ligamento proximal), a bursa do navicular, o coxim digital e as cartilagens digitais.

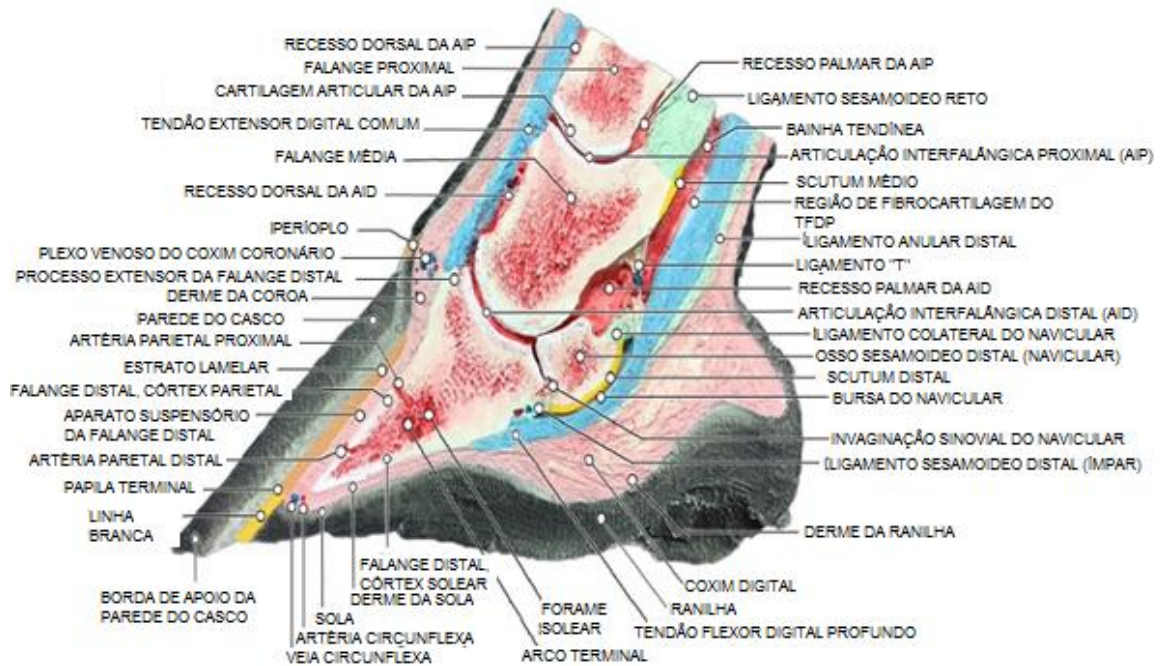


Figura 1. Estruturas anatômicas da porção distal do dígito (adaptado de CALDWELL, 2017).

No aspecto externo, as regiões do casco são denominadas em parede, barras, sola, linha branca, ranilha, perióplo ou coroa, bulbos e talões (Figura 2). De acordo com Davis e Philip (2007), o casco forma uma estrutura coerente e resiliente tal que a distorção de uma de suas partes afeta as demais.

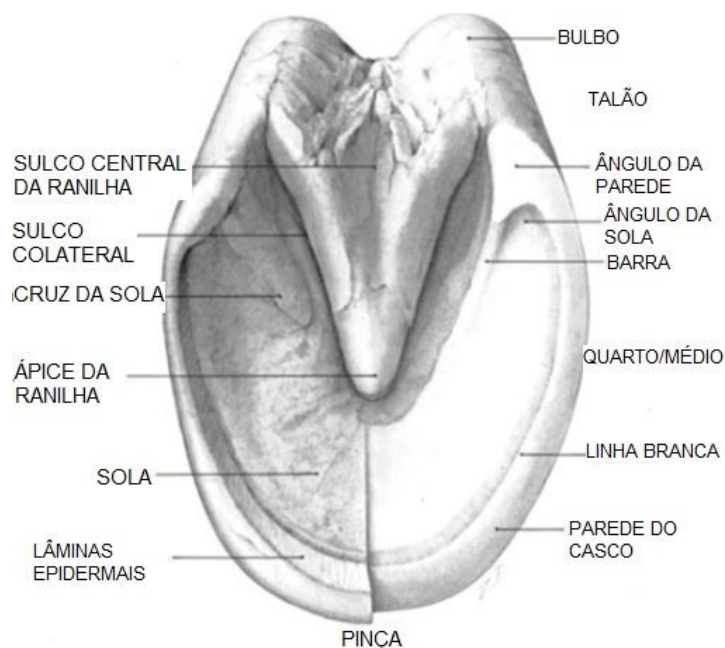


Figura 2. Anatomia externa do casco (KAINER; FAILS, 2011).

A irrigação sanguínea do casco é feita através das artérias digitais palmares medial e lateral que se originam da bifurcação da artéria palmar medial logo acima dos ossos sesamóides proximais. Elas se estendem em direção ao casco pela superfície abaxial do TFDP entre as veias e os nervos digitais medial e lateral emitindo ramos ao longo do trajeto. No casco, a artéria cursa pelos sulcos solares da FD passando pelo forame solear e se anastomosando com seu ramo contralateral dentro do canal solear. A drenagem venosa difere da irrigação pela presença dos plexos venosos: o plexo coronário da banda coronária, o plexo venoso dorsal das lâminas dermais e o plexo venoso palmar do córium solear. Os três plexos contribuem para as veias digitais palmares e, juntos, atuam como um mecanismo hidráulico para dissipação de energia. A inervação do casco é feita pelos ramos do nervo digital palmar medial e lateral que são uma continuação dos nervos palmares. Os ramos dorsais proximais superficiais são primariamente cutâneos e inervam a porção dorsal da banda coronária e da quartela. Ramos dorsais profundos inervam as articulações interfalângicas. Dentro do casco, ramos palmares superficiais são lançados e inervam a superfície palmar da quartela e a derme laminar dos bulbos, dos talões, dos quartos, da sola e da ranilha; outros ramos mais profundos se ramificam para inervar as estruturas mais profundas (PARKS, 2003).

2.2 Biomecânica do casco

O entendimento da biomecânica do casco deve ser feito em conjunto com o conhecimento aprofundado das estruturas do dígito e como elas se comportam em repouso e em movimento (RAMSEY, 2011).

O passo é dividido em duas fases primárias: a fase de suspensão (ou voo) e a fase de apoio. A fase de suspensão envolve o movimento do membro fora do solo, enquanto que a fase de apoio é aquela em que há o contato com o solo. A fase de apoio é subdividida em: inicial/impacto (quando o casco toca o solo), média/apoio e final/*breakover* (quando o membro deixa o solo) (JOHNSTON; BACK, 2006). Durante a fase de impacto e a primeira parte de fase de apoio, a massa do corpo está em aceleração em direção ao solo; a carga sofrida pelo casco contém um componente de alta frequência que é associada com a colisão do casco com o chão sendo amortecida nos primeiros 30 milissegundos (RAMSEY, 2011). À medida que o casco pousa no solo e o peso vai sendo apoiado, a massa do corpo passa a ser desacelerada por uma

série de eventos: a AID e a articulação interfalângica proximal (AIP) se flexionam ligeiramente, permitindo que a articulação metacarpofalangeana (boleto) desça em direção ao solo enquanto que os tendões flexores absorvem e armazenam energia; a FD se movimenta no interior do casco de modo que os processos palmares se direcionam ventralmente, a articulação com o navicular (PARKS, 2003) e o casco se expandem (CALDWELL, 2017). Durante a segunda metade da fase de apoio e o de *breakover*, ocorre uma contração dos músculos flexores e a liberação da energia estocada no TFDP e no seu ligamento acessório (*check inferior*) provocando uma flexão do boleto e extensão da AID e da AIP; assim o corpo é acelerado em direção frontal e o membro deixa o solo (PARKS, 2003). O casco atua, portanto, como uma extensão da FD, utilizando a AID como uma alavanca. Durante a fase do *breakover*, o membro faz um pivô sobre a pinça do casco e, neste momento, o centro da pressão sobre do dígito se desloca para o ponto mais dorsal de contato entre a ferradura/casco com o solo (ponto do *breakover* ou de rotação) (MERRITT *et al.*, 2016). Já na fase de voo, o dígito primeiro se flexiona e depois se estende para se preparar para outra fase de impacto (CALDWELL, 2017).

Segundo Tacchio *et al.* (2002), as principais características anatômicas e biomecânicas do casco que são importantes tanto em movimento como em apoio são o centro de rotação da AID (centro de rotação do casco – CRC) e o comprimento da FD. O tamanho e a posição da FD também podem ser considerados por causa da inserção do TFDP. A flexão e a extensão da FD com relação a FM é realizada por uma alavanca, cranial ao CRC, terminando no ápice da FD e sendo ativada pelo TFDP. As dimensões e o formato dos tecidos moles e do casco podem mudar significativamente a relação (ângulo e distância) entre esta alavanca e a superfície solar do casco e, por consequência, modificar sua biomecânica. Portanto, em relação ao equilíbrio longitudinal do casco é necessário saber a posição da FD e de sua superfície palmar ao nível do plano sagital e, também, a posição do centro de rotação em relação à superfície solear do casco.

Durante a locomoção, ainda, as articulação interfalângicas são expostas a uma série de movimentos combinados nos planos sagitais, frontais e transversais, especialmente em superfícies irregulares ou nas curvas. Cada movimento induz estresse em determinadas superfícies articulares ou ligamentares (DENOIX, 1999).

O casco do cavalo possui uma capacidade natural de se deformar durante o passo dissipando o estresse sobre o membro (PANAGIOTOPOULOU *et al.*, 2016).

Esta capacidade se dá pela expansão do dígito - podendo corresponder de 1 a 2 % do comprimento total - e se expressa de três formas durante a fase de apoio: ocorre uma extensão abaxial dos talões, tanto na banda coronária quanto na borda distal; uma rotação caudoventral da parede dorsal da pinça do casco; e uma deflexão ventral da região central da sola. O casco e as articulações interfalangeanas recebem a maior parte da carga de impacto quando o membro toca o solo e, em altas velocidades, esta carga pode corresponder a 2,5 vezes o peso do animal. Sobre a fase de apoio total, a borda distal e a borda coronária do casco se expandem, a parede dorsal gira caudoventralmente e os talões se expandem de 2 a 4 mm (PANAGIOTOPOULOU *et al.*, 2016). Segundo Parks (2006), a expansão da porção palmar do casco na fase de apoio tem por objetivo absorver e dissipar a energia do componente vertical da força de reação do solo (FRS) principalmente na fase inicial de impacto.

Além da capacidade de expansão, o casco possui também uma habilidade de responder ao longo do tempo por adaptação, com mudanças na taxa de crescimento e no formato (ELIASHAR, 2012) conforme o estresse exercido sobre ele. Esta habilidade, muitas vezes, leva a mudanças na conformação do dígito. As distorções mais comumente observadas nos cascos são: contração dos talões (que é quando a distância entre os talões fica reduzida), talões escorridos (quando o ângulo dos talões, visto de lado, fica mais inclinado do que o da parede dorsal do casco) e quando a parede dorsal do casco fica convexa em vez de reta (RAMSEY, 2011). Foi sugerido que estas distorções seriam causadas por forças não fisiológicas (REDDEN, 2003a). Entretanto, a divisão entre o que seria uma variação normal e uma distorção anormal, ainda mantém-se incerta (RAMSEY, 2011).

Apesar de muito conhecimento acerca da biomecânica do dígito, o entendimento completo da função e da estrutura do casco do cavalo ainda é insuficientemente compreendida nas práticas cotidianas. As evidências que corroboram com esta afirmativa são: a alta incidência de lesões de casco, o reconhecimento de que a podologia é mais uma arte do que uma ciência, o uso generalizado de ferraduras de ferro, a ineficácia de muitos tratamentos para claudicação e a definição de o que seria um casco normal que está ainda em evolução (RAMSEY, 2011).

2.2.1 Força de reação do solo, centro da pressão e centro da rotação

Existem três principais fontes de forças que atuam sobre o casco do cavalo: a primeira é o peso do cavalo que atua diretamente sobre os ossos e sobre a AID (denominada força de reação da AID); a segunda provem da musculatura que atua no movimento articular (tensão exercida pelos tendões e músculos flexores e pelo ligamento suspensório); e a terceira é o solo. A força de reação do solo (FRS) é a soma de todas as forças geradas pela superfície de apoio, tanto em repouso quanto em movimento, e é igual e oposta a soma de todas as forças geradas pelo peso e pelo movimento do membro (PARKS, 2003). A FRS atua na AID e é transmitida pelo casco (CALDWELL, 2017).

O centro da pressão (CP) do casco (localizado no centro da FRS) fica situado próximo ao centro do casco quando em repouso e na fase de apoio; enquanto o centro de rotação (CRC) da AID (onde a força exercida pelo peso do cavalo atua) é localizado palmar ao CP. Portanto, em repouso e durante a fase média de apoio, estas duas forças (CP e CRC), que são opostas e orientadas quase verticalmente, não estão alinhadas, o que gera um momento (que é o produto da força pelo tamanho do braço do momento), ou força de torque. O momento gerado pela FRS é o momento articular da AID ou o momento extensor. Para o casco se manter estável, este momento deve ser oposto por um momento flexor de mesma magnitude. O momento flexor é realizado principalmente pela tensão do TFDP. Em repouso ou na fase média do apoio, o momento extensor é o produto do vetor vertical da FRS pelo braço do momento extensor que é a distância entre o CP ao CRC. O momento flexor é o produto da tensão sobre o TFDP pela distância entre o CRC e o tendão (superfície flexora do navicular) (Figura 3).

Durante a locomoção, o CP muda ao longo da fase de apoio. Inicialmente é posicionado no ponto de contato durante a fase de impacto do casco – normalmente na região do talão lateral – movendo-se rapidamente para o centro do casco durante a fase média do apoio onde permanece até o momento do *breakover*. A medida que o ângulo da AID vai passando de flexão para extensão, a magnitude da FRS vai diminuindo e o CP se move em direção à pinça do casco, o que faz com que o braço do momento extensor aumente. Neste momento o casco está estável e o momento extensor e o flexor são iguais. À medida que o peso apoiado sobre o membro vai diminuindo mais rapidamente do que a tensão sobre o TFDP, a magnitude do momento flexor aumenta em relação ao momento extensor. Quando o CP alcança o ponto mais dorsal da pinça/ferradura (ponto do *breakover*), a FRS cai rapidamente,

pois o peso apoiado é mínimo, e os talões deixam o solo, dando início a fase de suspensão do membro (MERRITT *et al.*, 2016).

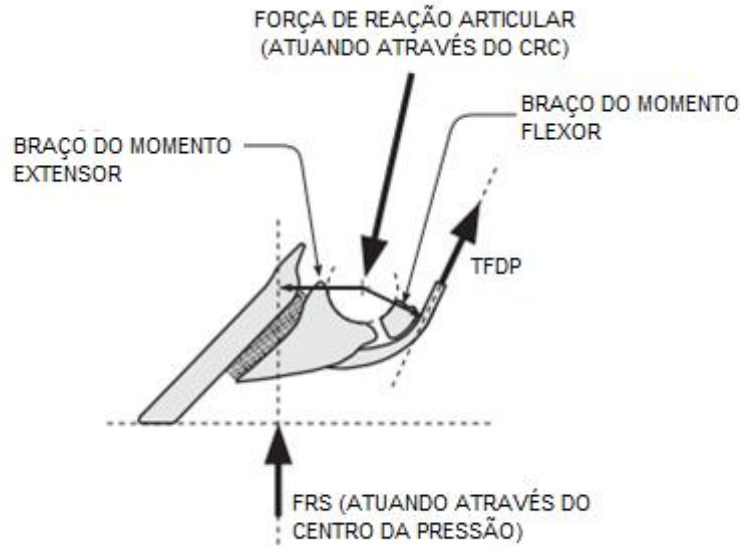


Figura 3. Representação demonstrando as forças atuando na plano sagital do casco em repouso (adaptado de MERRITT *et al.*, 2016).

2.3 Conformação e equilíbrio do casco

A conformação e o equilíbrio do casco são termos genéricos, muitas vezes usados de forma recíproca. Entretanto, didaticamente, alguns autores consideram estes termos de forma distinta (ELIASHAR, 2012; JOHNSTON; BACK, 2006). A conformação se refere ao formato do casco e se relaciona de forma estática ao resto do membro; enquanto o termo equilíbrio é o modo com que as estruturas internas do dígito e do membro distal – em relação a tamanho, posição e formato – interagem com a superfície de contato, tanto em repouso quanto em movimento (ELIASHAR, 2012).

As considerações acerca do equilíbrio podal se baseiam na existência de uma conformação ideal do casco e do dígito que permitam que o animal não tenha sua função comprometida e que o risco de claudicação seja diminuído (CALDWELL *et al.*, 2016). Nos cavalos domesticados, os cascos precisam ser aparados pois não há um desgaste natural suficiente ou, ainda, há uma taxa de crescimento maior do que a taxa de uso. Quando um animal é casqueado, é possível mudar a relação geométrica do dígito com o resto do esqueleto e, portanto, faz-se necessário o uso de algum sistema

de referência que possa relacionar o formato do casco com o resto do membro. (RAMSEY, 2011).

De forma geral, a conformação ideal do casco de um equino é alcançada quando a parede dorsal e os talões são paralelos e há um eixo relativamente alinhado entre os ossos da quartela e do casco (eixo quartela-casco); as lâminas e os anéis de crescimento do casco são paralelos e com uma separação variável; a banda coronária deve possuir uma simetria médio-lateral e, ao se traçar uma linha entre dois pontos comparáveis, medialmente e lateralmente, devem ser paralelos ao solo (DYSON *et al.*, 2011b) (Figura 4).

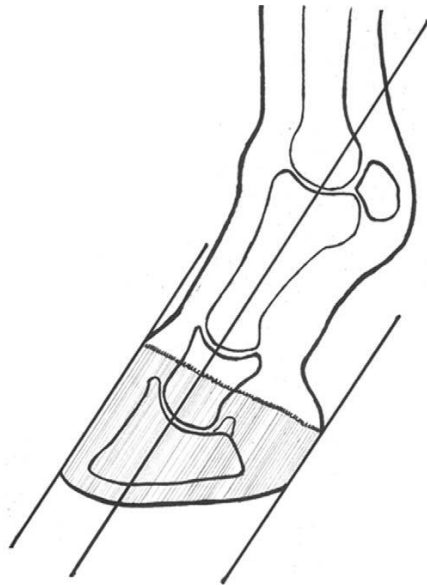


Figura 4. Representação demonstrando o alinhamento entre os ossos da quartela e do casco, e entre a parede dorsal e os talões (O'GRADY; POUPARD, 2003).

Os termos e as variáveis para definir um casco equilibrado são amplamente baseados em opiniões e experiências, e múltiplos métodos de casqueamento e ferrageamento são usados para se alcançar este objetivo (HOOD *et al.*, 2001). Elementos importantes para a preparação do casco são o ângulo e o comprimento do casco, a orientação médio-lateral e a espessura da sola e da ranilha. O tamanho e o formato do casco têm um papel fundamental em relação ao alinhamento do eixo quartela-casco e ao equilíbrio médio-lateral (O'GRADE; POUPARD, 2001).

A podologia equina é baseada em vários métodos e teorias. Os ferradores, assim como os veterinários, tendem a confiar em uma combinação de técnicas como diretrizes para suas práticas cotidianas. Estes métodos, frequentemente,

compartilham dos mesmos princípios básicos, ainda que possuam distintas características (FOOR, 2007).

Atualmente, as interpretações acerca do equilíbrio ideal dos cascos dos equinos são baseadas em trabalhos históricos, sendo que, segundo Caldwell *et al.* (2016), o modelo de simetria do casco de Russell, publicado em 1891, mantém-se como padrão de intervenção e manipulação do casco em ferrageamentos corretivos. As escolas de ferrageamento convencionais baseiam-se no princípio que a borda de apoio do casco deve ser aparada perpendicular ao eixo longitudinal do membro, enfatizando a importância de se obter um eixo casco-quartela correto e uma simetria no casco.

Diversas técnicas de casqueamento tem sido divulgadas nas últimas décadas. Nenhuma, entretanto, baseia-se em evidências científicas sólidas, amplamente verificadas. Estas técnicas utilizam determinados pontos de referências externos para supor a posição de estruturas internas como o ápice da FD e o centro da AID (CALDWELL, 2017). Independentemente da técnica, uma abordagem conservativa é geralmente aceita como o melhor caminho para manter ou reparar a saúde dos cascos. O aparamento excessivo de um casco normalmente gera resultados negativos e coloca o cavalo em risco de maiores complicações (FOOR, 2007).

Caldwell *et al.* (2016) investigaram os indicadores e as mensurações tradicionalmente aceitas para definir o equilíbrio dos cascos e observaram que há poucas evidências que suportam um grande número de crenças aceitas na podologia, principalmente aquelas relacionadas às técnicas de proporções geométricas e de bases padronizadas para todos tipos de animais. Os autores concluem que o casqueamento realizado em uma base individual seria mais vantajoso do que aquele que busca um padrão ideal em todos os animais.

Sabe-se que fatores hereditários, nutricionais e ambientais também são responsáveis por alterar e influenciar a conformação do dígito de equinos atletas (MOLEMAN, *et al.*, 2006). Entretanto, a relação significativa e a interação entre estes fatores são, ainda, pouco compreendidas (JOHNSTON; BACK, 2006).

A importância do profissional responsável pela intervenção também deve ser observada. Kummer *et al.* (2009) compararam as medidas radiográficas de seis grupos de cavalos que eram casqueados por diferentes profissionais, sendo o mesmo profissional para cada grupo durante os 12 meses prévios ao estudo, e verificaram que há diferenças significativas para a maioria dos parâmetros radiográficos medidos

entre os seis grupos e, também, entre os casqueamentos do mesmo profissional; concluindo que o formato e o tamanho do casco dependem em grande parte às suas estruturas internas, mas que as influências externas como o método e a habilidade do ferrador possuem uma influência predominante no equilíbrio geométrico do casco.

Por fim, é importante frisar que o formato dos cascos influencia as forças biomecânicas que atuam nos membros e, portanto, uma conformação diferindo daquela considerada ideal (p. ex.: os cascos achinelados ou encastelados) irá predispor a lesões e a claudicação (DYSON *et al.*, 2011b).

2.4 Crescimento do casco e intervalo entre ferrageamentos

Os cascos dos cavalos crescem continuamente em uma taxa de aproximadamente 7 a 12 mm a cada 28 dias, levando, em média, de nove a 12 meses para se renovar completamente (POLLIT, 1990). O crescimento é limitado, evolutivamente, por seu hábito natural de uso. Os cavalos domesticados, entretanto, não possuem taxas de crescimento e de desgaste natural iguais, resultando em um crescimento excessivo e que tem o potencial de causar lesões no casco e no membro. O casqueamento em intervalos regulares é, portanto, necessário para simular o desgaste natural. Este procedimento resulta em um ajustamento da conformação do casco e em uma potencial correção da relação geométrica do dígito com o esqueleto. Conseqüentemente, há uma alteração nas forças internas do casco que tanto podem ser benéficas quanto danosas ao dígito (RAMSEY, 2011).

O casqueamento e o ferrageamento podem mudar o formato dos cascos mesmo em condições normais, e, uma vez que o sistema nervoso tenha aprendido a se equilibrar em determinado tamanho e formato de casco, qualquer mudança abrupta nesta posição pode afetar a coordenação e o equilíbrio geral do equino. Isto ocorre porque mesmo as mudanças sutis do comprimento da musculatura em repouso e das outras estruturas do aparato locomotor ao atingir o solo e ao mover o membro, alterarão a sensibilidade sensorial e, portanto, afetarão a eficácia dos controles automáticos normais de equilíbrio, velocidade e padrão muscular. Em geral, mudanças rápidas e grandes no formato do casco aumentam o risco de danos em outras estruturas dos membros (FOOR, 2007).

O objetivo do profissional que realiza o casqueamento é de reestabelecer o equilíbrio do casco, corrigir defeitos de conformação e otimizar a biomecânica no

membro (LESNIAK *et al.*, 2017). O ferrageamento em intervalos regulares é recomendado para manter ou aumentar a capacidade de performance atlética dos cavalos (MOLEMAN *et al.*, 2006).

Segundo Lesniak *et al.* (2017) o período ideal entre os casqueamentos/ferrageamentos ainda não foi definido. Empiricamente, na indústria equina, o intervalo geralmente varia entre quatro e oito semanas. Nos cavalos de passeio/lazer ou de menor demanda atlética este período pode se estender por até mais do que as oito semanas (LESNIAK *et al.*, 2017). Os trabalhos acadêmicos que investigaram o efeito do tempo entre as intervenções utilizaram intervalos de quatro a seis semanas (LESNIAK *et al.*, 2017), oito semanas (van HELL *et al.*, 2005; MOLEMAN *et al.*, 2006) e oito a dez semanas (KUMMER *et al.*, 2006; KUMMER *et al.*, 2009).

Um estudo realizado com 40 cavalos hípidos indicou que várias medidas e ângulos radiográficos do casco podem ser influenciados por intervalos prolongados entre ferrageamentos (8-10 semanas) (KUMMER *et al.*, 2006). Moleman *et al.* (2006) demonstraram que o crescimento do casco após oito semanas causa um aumento da extensão da AID e resulta em um aumento da carga no TFDP pois o ângulo da parede dorsal do casco diminui e o comprimento da pinça aumenta. Conseqüentemente, a força da alavanca sobre a AID e, paralelamente, a tensão exercida sobre o TFDP e também sobre a bursa do navicular aumentam. Neste mesmo estudo, o ângulo da AIP não foi afetado pelo intervalo entre os ferrageamentos.

Lesniak *et al.* (2017) investigaram as mudanças relativas às mensurações externas do casco e do eixo quartela-casco em um intervalo de quatro a seis semanas entre as intervenções. A parede dorsal do casco, a superfície de apoio e a banda coronária diminuem de tamanho após o aparamento do casco. Já a parede lateral e medial do casco aumenta em altura, indicando que há um aumento da orientação vertical do casco após o casqueamento. Os autores observaram ainda um aumento do ângulo da parede dorsal do casco, um aumento do ângulo e da altura dos talões que promovem um correto equilíbrio dorsopalmar ou longitudinal do dígito após o casqueamento. Os resultados sugerem que um ferrageamento em intervalos regulares que não exceda seis semanas pode prevenir o excesso de carga nas estruturas internas do casco, reduzindo a probabilidade de lesões a longo prazo.

Alguns autores sugerem, entretanto, que o intervalo deve ser determinado em bases individuais, objetivando encontrar as necessidades específicas de cada cavalo. Este período poderia ser influenciado, também, pelo conhecimento e, eventualmente,

pelas restrições financeiras de cada proprietário/tutor (MOLEMAN *et al.*, 2006) entre outros fatores.

2.5 Ferraduras

As ferraduras nos equinos tem sido utilizadas em animais de lazer, esporte, trabalho e guerra desde o século X (FILHO, 2006) com intuito de proteger os cascos do desgaste e permitir uma manipulação do formato do dígito. Originalmente, as ferraduras eram empregadas nos cavalos com o objetivo único de proteger os cascos do desgaste excessivo (van HEEL *et al.*, 2005). Mais recentemente, seu uso se tornou um instrumento para influenciar a performance e, também, um método terapêutico para tratar patologias que causam claudicação. O objetivo é melhorar a função biomecânica e o desempenho (PANAGIOTOPOULOU *et al.*, 2016).

Diversos tipos de abordagens, técnicas e materiais foram desenvolvidos ao longo do tempo para a aplicação nos equinos. Tradicionalmente, a ferradura deve ser colocada de maneira que se adapte por toda circunferência do casco, preferencialmente com uma pequena sobra para que a parede do casco possa se expandir e crescer, devendo cobrir toda a área dos talões, principalmente (FOOR, 2007). A manutenção do equilíbrio podal é o principal objetivo durante a intervenção.

As técnicas de ferrageamento dos cavalos, tanto de esporte como de lazer, são um dos temas mais importantes dentro da equinocultura. Entretanto, é provavelmente impossível determinar um protocolo de ferrageamento único e cada parâmetro modificado deve ser testado para avaliação de seu efeito, já que existem muitas modalidades praticadas pelos equinos (TACCHIO *et al.*, 2002).

Apesar disso, relativamente pouca pesquisa científica tem sido feita acerca dos fundamentos básicos do ferrageamento, resultando em escasso conhecimento científico relativo ao tema (van HEEL *et al.*, 2005). Segundo Panagiotopoulou *et al.* (2016) o conhecimento atual da relação entre a biomecânica do casco, as técnicas de ferrageamento e as lesões musculoesqueléticas é limitado, possivelmente pela falta do estabelecimento de protocolos experimentais *in vivo* de biomecânica e cinética.

Em termos práticos, Foor (2007) cita que a raça, a idade, a disciplina esportiva e o ambiente são fatores importantes que devem ser levados em conta na hora de estabelecer o melhor tipo de material e técnica a ser usada. Segundo este autor, os ferradores precisam ter consciência sobre qual é o uso do cavalo, sob quais condições

ele vive e pratica atividades esportivas e entender quando há alguma patologia que o esteja afetando.

2.6 Patologias de casco

As patologias distais do aparelho locomotor do equino, ressaltando-se aquelas que envolvem as estruturas anatômicas relacionadas ao casco, são a causa mais comum de claudicação em cavalos de esporte, principalmente nos membros torácicos (DYSON *et al.*, 2011a), e têm sido associadas à má conformação e a falta de equilíbrio do casco (CALDWELL *et al.*, 2016; MOLEMAN *et al.*, 2005). Algumas pesquisas identificaram que a função biomecânica do membro se altera de acordo com a mudança de conformação do casco (LESNIAK *et al.*, 2017). Por consequência, há uma influência sobre as forças que agem sobre os componentes estruturais do casco (ELIASHAR *et al.*, 2004), assim como as forças aplicadas no momento articular sobre a AID e AIP (van HELL *et al.*, 2005; MOLEMAN *et al.*, 2006), na alavanca realizada no momento do *breakover* e nas forças que atuam no navicular (WILLEMEN *et al.*, 1999).

Há diversas causas de dor nos cascos dos equinos. Os problemas que envolvem a porção mais externa do dígito são: defeitos na parede, laminite, lesão das lâminas por desequilíbrio, separação ou inflamação da parte sensitiva das lâminas da parte não sensitiva, abscessos, contusões, neoplasias e pododermatites. Internamente, a FD pode ser afetada por: fraturas, tendinopatia na inserção do TFDP, osteíte séptica ou não, ruptura das inserções dos ligamentos colaterais, lesões do tipo cisto e remodelamentos. Condições que afetam, por sua vez, o aparato podotroclear incluem: capsulite/sinovite da AID, tendinite do TFDP, desmite do ligamento ímpar ou dos ligamentos colaterais do navicular, osteopatia ou osteíte do navicular, doenças vasculares das artérias do navicular e as fraturas. O denominador comum destas alterações é que elas são caracterizadas por dor localizada no casco (KANEPS; TURNER, 2004).

A teoria de que a conformação do casco possa estar associada a processos dolorosos do dígito, à claudicação ou a patologias distais do membro existe há muitos anos (CALDWELL, 2017). Estudos biomecânicos investigaram a relação entre a conformação do casco com a pressão exercida sobre o osso navicular e concluíram que para cada grau de aumento do ângulo palmar da FD, ocorre uma redução de 4%

na pressão que o TFDP exerce sobre o navicular (ELIASHAR *et al.*, 2004); entretanto, também pode resultar em um aumento concomitante na carga sobre o tendão flexor digital superficial (TFDS) e sobre o ligamento suspensório (WILLEMEN *et al.*, 1999). Holroyd *et al.* (2013) demonstraram, em um estudo usando ressonância magnética (RM), uma associação entre a conformação do casco com lesões distais, salientando que quanto menor o ângulo palmar da FD (mensurado no plano sagital do casco) maior a possibilidade de lesão no TFDP ou no navicular.

Dyson *et al.* (2011a e 2011b) realizaram dois estudos retrospectivos usando 300 casos de patologias distais para avaliar, comparar e correlacionar a conformação do casco (avaliada através de mensurações radiográficas e fotográficas) com diferentes tipos de lesões (utilizando RM para categorizar). Apesar do número elevado de animais utilizados no estudo, não foi encontrada correlação significativa entre as mensurações utilizadas e os diferentes tipos de patologias categorizadas, mas houve diferenças estatísticas da conformação do casco entre os animais claudicantes e os hígidos.

Holroyd *et al.*, (2013) salientam que mesmo que exista uma correlação entre conformação do casco e lesões distais, não é possível identificar a conformação como fator causal já que ela pode ser alterada em consequência da própria patologia ou da claudicação. Kane *et al.* (1998) realizaram mensurações em cascos de cavalos que sofreram lesões musculoesqueléticas catastróficas comparando-os a um grupo de animais sadios e concluíram que diferenças grandes em angulação da parede dorsal e dos talões foram associadas a este tipo de evento, demonstrando que a conformação do casco pode influir negativamente na biomecânica de todo o membro.

Por fim, a conformação dos casco pode refletir uma relação de causa e efeito com as lesões de casco, embora se reconheça que fatores genéticos também influenciem e que o casqueamento contribua para o formato geométrico do dígito (DYSON *et al.*, 2011b).

2.7 Métodos de aferir a conformação dos cascos

A conformação do casco pode ser avaliada objetivamente de algumas maneiras mas, ainda assim, é um grande desafio. As principais alternativas são o uso de medidas angulares e lineares que vão traduzir em números as relações

geométricas das estruturas anatômicas do dígito, possibilitando correlacionar os valores aferidos com a biomecânica.

Externamente ao casco, o parâmetro objetivo mais utilizado para aferir a conformação do dígito é o ângulo da parede dorsal do casco (AC) - que também pode ser avaliado conjuntamente ao ângulo dos talões. Esta mensuração é feita através de um equipamento simples, chamado de angulador de casco. Uma correlação próxima deste ângulo com o da superfície dorsal da FD foi demonstrada, entretanto, em relação ao ângulo do córtex palmar da FD e entre o córtex dorsal e o palmar da FD não foi determinada. Esta mensuração, portanto, não provém uma informação muito fidedigna com relação às estruturas internas ao casco que podem ter maior influência biomecânica no membro (TACCHIO *et al.*, 2002). Além disso, o uso destes dispositivos é controverso, pois em um mesmo casco diferentes modelos de anguladores poderão fornecer valores díspares, assim como diferentes pessoas utilizando um mesmo aparelho poderão aferir resultados distintos (MOLEMAN *et al.*, 2005).

O uso de fotografias digitais constitui um método de avaliação da conformação do casco e tem se demonstrado superior ao uso de equipamentos de medição de ângulos. O mapeamento fotográfico digital padronizado permite a medição acurada de determinados pontos de referência no aspecto externo do membro. Um estudo conduzido por Dyson *et al.* (2011b) avaliou por fotografias digitais os cascos de equinos com histórico ou não de claudicação e concluiu que cascos assimétricos que possuem determinadas características distinguem os claudicantes dos normais. Entretanto, mesmo que as fotografias digitais padronizadas permitam uma boa avaliação da conformação dos cascos, esta técnica também não possibilita aferir as relações entre a FD e o estojo córneo, haja vista que são características que não podem ser mensuradas pelas características externas ao casco (THIEME *et al.*, 2015).

Um método prático de acessar o equilíbrio do casco em equinos e que possui capacidade de avaliar as estruturas internas é o exame radiográfico do casco. Uma variedade de mensurações pode ser realizada tanto em uma projeção lateromedial (LM) como em uma projeção dorsopalmar/plantar (DP) do casco, que vão traduzir em números a relação entre o estojo córneo e a terceira falange (equilíbrio longitudinal), o eixo quartela-casco e o balanço ou equilíbrio médio-lateral do dígito. Usando estas mensurações, alguns estudos se propuseram a descrever e validar a técnica (TACCHIO *et al.*, 2002; KUMMER *et al.*, 2004; ROCHA *et al.*, 2004; PAUWELS *et al.*, 2017) enquanto outros buscaram identificar a aparência radiográfica normal e as

medidas médias para algumas raças ou tamanhos de cavalos diferentes (KUMMER *et al.*, 2006; THIEME *et al.*, 2015) ou, ainda, os valores para determinados grupos de animais submetidos a diferentes manejos de casqueamento (KUMMER *et al.*, 2006; KUMMER *et al.*, 2009). Os achados destes trabalhos podem ser auxiliares no diagnóstico de muitos problemas de casco e, também, oferecer orientações para o casqueamento rotineiro ou para o tratamento corretivo de um casco anormal. Além disso, mais investigações são necessárias para determinar a relação entre estes parâmetros, considerados importantes para estipular o equilíbrio do casco, com a performance, as lesões e a claudicação (TACCHIO *et al.*, 2002).

2.8 Avaliação radiográfica do casco

A avaliação radiográfica do casco é uma das ferramentas de diagnóstico mais importantes tanto para o médico veterinário quanto para o ferrador. Uma variedade de livros textos e artigos científicos acerca deste tema estão disponíveis.

De uma maneira geral, para uma acurada interpretação radiográfica é importante ter informações quanto ao período de convalescimento, a idade, o sexo, a raça e o tipo de atividade do paciente. É necessário salientar que, assim como outras modalidades de diagnóstico por imagem e os exames laboratoriais, a radiografia faz parte dos exames complementares. Quando o objetivo é o diagnóstico clínico, o histórico e o exame físico não podem ser substituídos, e os achados radiográficos devem ser avaliados como ferramenta complementar para o diagnóstico. De acordo com Redden (2003b), um ponto que deve ser enfatizado é de que embora o exame radiográfico possa fornecer informações preciosas, a radiografia não substitui o exame clínico estático e dinâmico.

A importância da avaliação radiológica do equilíbrio do casco constitui, principalmente, na capacidade de detectar alterações que em um determinado momento possam provocar algum tipo de prejuízo na performance do cavalo ou até mesmo possam causar alguma lesão ortopédica. Além disso, veterinários e ferradores tem usado o acompanhamento radiológico para acompanhar e guiar o trabalho de ferrageamento corretivo em suas práticas diárias (KUMMER *et al.*, 2006). O uso das mensurações radiográficas, por sua vez, serve como um guia terapêutico ou acadêmico das alterações de casco, mas há a necessidade de compreensão

aprofundada das suas particularidades e de se correlacionar com os achados do exame clínico.

Para Eggleston (2012), existem alguns pontos-chave para levar em conta no exame radiográfico do casco: (a) é uma ferramenta que permite avaliar a relação entre as estruturas internas do casco, o estojo córneo e o restante do membro distalmente; (b) as informações obtidas dependem fundamentalmente da qualidade do estudo radiográfico; (c) uma abordagem sistemática deve ser feita quando se planeja radiografar o casco; (d) dispender tempo na avaliação e na preparação do casco pode diminuir o risco e a necessidade de se repetir as projeções radiográficas, alcançando, assim, uma maior qualidade e, portanto, uma melhor interpretação das imagens; (e) para uma avaliação fidedigna é necessário que a posição do paciente, do casco e da emissão da radiação sejam perfeitas.

As limitações do exame radiográfico devem, por sua vez, serem reconhecidas, e, dentre estas, se destaca a limitada capacidade de fornecer informações acerca de tecidos moles como tendões, ligamentos e cartilagem articular. Com o advento da RM, pode-se constatar que muitas das lesões da extremidade distal do membro não são diagnosticadas nem pelo exame radiológico e nem pelo exame ultrassonográfico do casco. Em um estudo retrospectivo, Parks *et al.* (2015) avaliaram 702 casos de claudicação com origem no casco e concluíram que mesmo que algumas características clínicas, radiológicas e ultrassonográficas apontem para um determinado diagnóstico, para um grande número de cavalos com dor no casco o diagnóstico efetivamente preciso só pode ser alcançado com o uso da RM. Mesmo assim, a ressonância ainda não pode ser considerada uma realidade em muitas partes do Brasil e do mundo, seja pela disponibilidade, pelo custo maior em relação a outras formas de diagnóstico por imagem ou pela praticidade. Já a radiologia possui vantagens como a mobilidade e o relativo baixo custo e, portanto, continua sendo uma forma extremamente útil de avaliar o casco, em especial as características morfológicas que são o foco deste estudo.

2.8.1 Projeções radiográficas

Uma série de projeções radiográficas pode ser obtida para uma minuciosa avaliação das estruturas do casco. Alterar o ângulo, o modo de captura, o apoio do casco, entre outros, permitem diversas formas de projetar o dígito radiograficamente.

Segundo Tacchio *et al.* (2002) a radiografia é um modo prático de acessar o equilíbrio do casco em termos de estruturas e suas relações. A avaliação objetiva do equilíbrio geométrico do casco com o uso de mensurações e da descrição quantitativa dos ossos digitais em relação ao estojo córneo tem sido propostas como uma forma de alcançar um casqueamento ideal para determinadas conformações de casco (SALA, 2009).

As projeções de interesse para o estudo das mensurações radiográficas são duas: a LM e a DP, ambas a zero grau. Estas projeções permitem a realização de diversas mensurações tanto em relação a distâncias quanto a ângulos (KUMMER *et al.*, 2004). Atualmente, com a utilização de equipamentos de radiologia digital e de *softwares* específicos, este trabalho ficou facilitado, já que a correção da magnificação é feita automaticamente e as medidas podem ser feitas prontamente, bastando que um marcador radiopaco de tamanho conhecido seja adicionado no campo da imagem para padronização. Ao utilizar modelos anatômicos para a avaliação do comportamento articular do dígito de equinos, Denoix (1999) concluiu que estas duas projeções provaram ser de um valor inestimável para a avaliação do equilíbrio articular e para projetar um adequado casqueamento. A projeção LM do dígito é considerada a melhor posição para avaliar o plano sagital do casco (TACCHIO *et al.*, 2002). Entretanto, mesmo que o uso das mensurações tenha se tornado mais facilitado, é importante salientar que as radiografias são uma representação bidimensional de uma estrutura tridimensional dinâmica que possui estruturas internas que se modificam de acordo com o movimento e o apoio. Isto é particularmente importante para a avaliação de medidas e ângulos das AID e AIP e do osso sesamóide distal, onde complexos movimentos em três planos ocorrem entre as falanges durante a locomoção. A radiografia captura estes ângulos e medidas de uma maneira estática, portanto é fundamental saber como o membro estava posicionado para uma correta interpretação (LITTLE; SCHRAMME, 2007).

Para a realização destas projeções, o casco deve ser limpo com uma escova de aço para remoção das sujidades, podendo estar ou não com as ferraduras, e o animal deve ser posicionado simultaneamente com ambos membros anteriores (ou posteriores) em um bloco elevado e perpendicular ao solo com a carga de apoio igual entre os membros (REDDEN, 2003a; KUMMER *et al.*, 2004). O membro a ser radiografado deve ser posicionado de maneira que a colocação da placa receptora da imagem (chassi) possa ficar em contato direto com a parte medial do casco para as

projeções LM e com a parte palmar (plantar) do boleto nas projeções DP; a direção do feixe de emissão do raio-x é direcionada a dois centímetros abaixo da linha da coroa em um ponto que fique entre os talões e a parede dorsal do casco nas projeções LM, e, para a projeções DP, sem alterar a altura do feixe de radiação, é centralizada no meio da parede dorsal do casco (KUMMER *et al.*, 2004).

Tacchio e colaboradores (2002) avaliaram a técnica radiográfica para acessar o equilíbrio longitudinal de cascos através de um suporte rotacional com o objetivo de padronizar a técnica para o estudo das mensurações. O eixo principal da ranilha foi usada como um marcador para o plano sagital do casco. Os resultados demonstraram que mensurações únicas podem ter grandes limitações em concordância com os valores reais e que, a fim de evitar os erros, uma combinação de duas ou mais medidas devem ser preconizadas ao invés de apenas uma mensuração. Além disso, observaram que a rotação do membro deve ser restringida tanto quanto possível, principalmente para as medidas angulares. Outros autores compararam o deslocamento craniocaudal do membro sobre as medidas angulares do eixo quartela-casco e encontraram correlação significativamente alta ($r= 0.89$; $p<0,001$), expressa de forma mais acentuada na AID, entre o posicionamento e os resultados aferidos demonstrando a importância da utilização de uma técnica adequada (PAUWELS *et al.*, 2017).

2.8.2 Mensurações realizadas

Existem diversas mensurações que podem ser realizadas através do exame radiográfico do casco, estas incluem medidas em ângulos e em distâncias (Figura 5). Estas aferições podem ser influenciadas por diversos fatores como: casqueamento, patologias, raça, tipo de superfície e nível de exercício (THIEME *et al.*, 2015). Por isso, é fundamental o conhecimento mais aprofundado das principais medidas que podem ser realizadas, a fim de proporcionar uma interpretação mais proveitosa e acurada.

De acordo com Craig *et al.* (2001) os parâmetros que são avaliados no casco podem ser divididos em três categorias: (a) medidas ósseas (tamanho das estruturas ósseas, não se alteram em um cavalo adulto); (b) medidas de postura (ângulos articulares, dependem da forma que o animal foi apoiado durante o exame) e (c) medidas de casco (valores que são afetados pelo crescimento do casco e pelo casqueamento). O último grupo carrega o maior número de informações acerca das

quais o profissional poderá intervir.

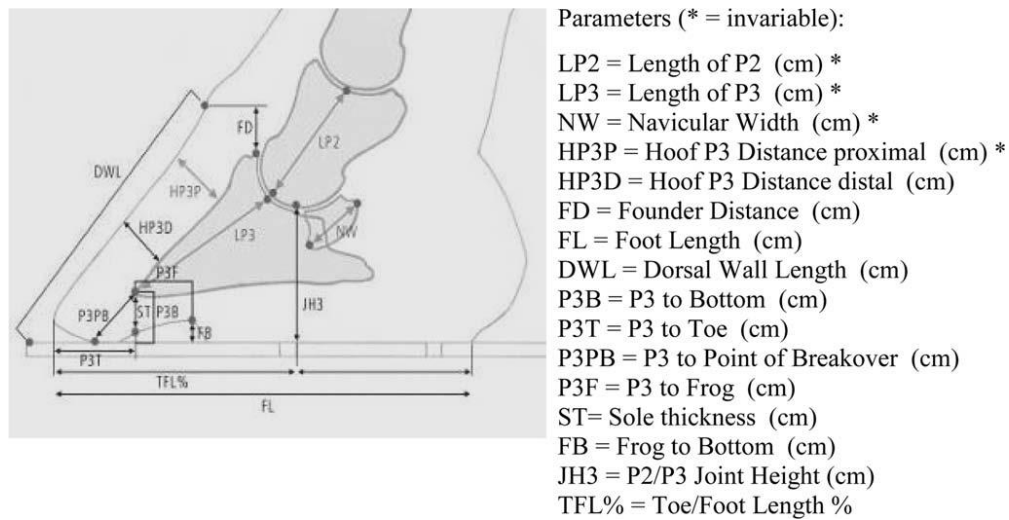


Figura 5. Desenho esquemático de uma projeção LM demonstrando 16 parâmetros que podem ser mensurados (KUMMER *et al.*, 2006).

A maioria dos programas computacionais que acompanham os aparelhos de radiologia digital direta podem ser utilizados para a aferição das medidas. Entretanto, para fins didáticos e científicos, a maioria dos trabalhos utiliza o *software* Metron-PX® que foi avaliado e validado por Rocha *et al.* (2004). Os autores concluíram que as diferenças encontradas nos resultados dos testes realizados para avaliar o programa não são clinicamente relevantes e que desde que a técnica radiográfica tenha sido corretamente empregada o *software* fornece dados suficientemente acurados para descrever quantitativamente a morfologia do dígito.

2.8.3 Projeção lateromedial (LM)

2.8.3.1 Ângulo da falange distal (AFD)

Através da projeção LM pode-se avaliar a superfície dorsal da parede do casco e a superfície dorsal da FD, que devem estar próximas do paralelismo (MAGALHÃES, 2015) em cavalos sadios. Para estabelecer o AFD (Figura 6) primeiramente se traça uma linha dorsal que é usada como referência. Esta linha é traçada desde abaixo do processo extensor até o ápice da FD e é uma importante referência, pois ela é utilizada frequentemente por veterinários e ferradores como um

guia ao comparar com a superfície dorsal da parede do casco nos casos de rotação da FD ou quando se recomenda algum tipo de casqueamento baseado nos achados radiográficos. Esta referência é então comparada à superfície de apoio (solo ou ferradura), sendo um importante parâmetro na avaliação do posicionamento da FD em casos de laminite e outras patologias (CRAIG *et al.*, 2001).

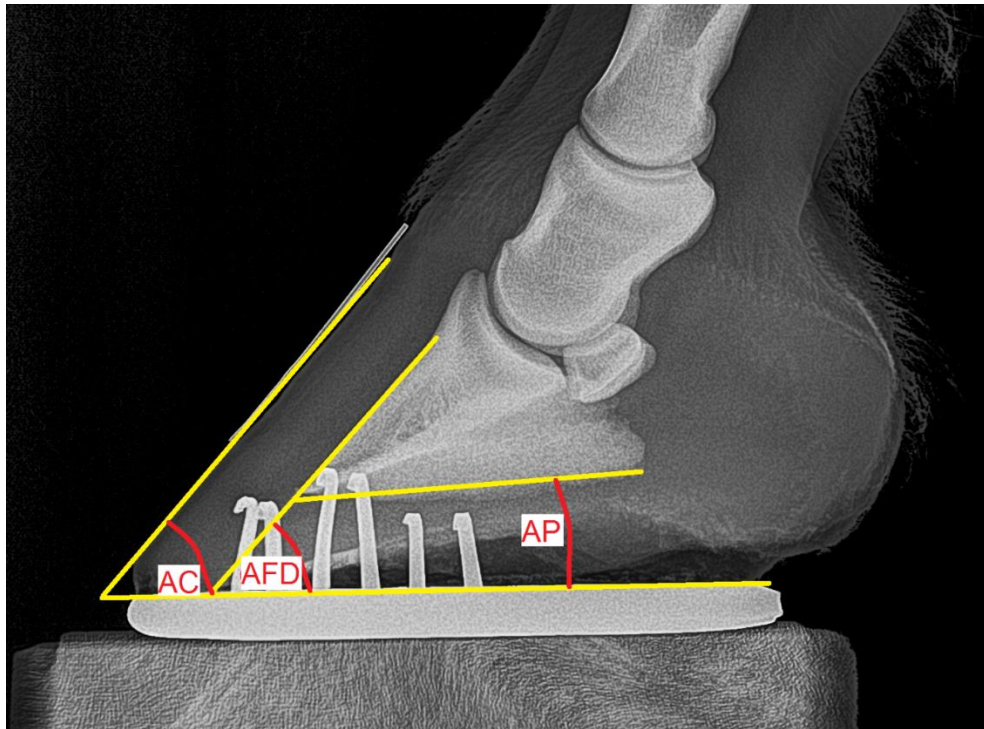


Figura 6. Projeção LM do casco demonstrando a aferição do AC, do AFD e do AP (arquivo pessoal).

Esta medida não pode ser aferida externamente, pois as alterações morfológicas da parede dorsal do casco não permitem esta correlação. Dyson *et al.* (2011a) compararam os ângulos dorsais do casco e da FD com o uso de fotografias e de radiografias e comprovaram que não há uma correlação perfeita entre ambos.

O valor médio para o AFD de pôneis com altura média na cernelha de 120 cm é de $52,8 \pm 3,8^\circ$ (THIEME *et al.*, 2015); enquanto que cavalos com altura média de 168 cm possuem valores ao redor de 49° (KUMMER *et al.*, 2006).

2.8.3.2 Ângulo do casco (AC)

O AC é formado entre a superfície da parede dorsal do casco e a superfície

de apoio no solo (Figura 6) (O'GRADY; POUPARD, 2001). Uma angulação correta é essencial para se obter um eixo quartela-casco ideal (LESNIAK *et al.*, 2017). Esta medida tem sido alvo de muitos questionamentos. Há alguns anos, acreditava-se que havia um determinado valor de angulação ideal como sendo uma característica a ser alcançada, mas se observou que cada cavalo tem um ângulo próprio que se deve à conformação individual do membro. Portanto, um AC correto para um determinado animal é aquele em que a parede dorsal do casco está alinhado e em plano paralelo com a superfície dorsal da quartela, sendo um alinhamento que pode ser facilmente checado por inspeção visual e confirmado radiograficamente (O'GRADY, 2009).

Dyson *et al.* (2011a) observaram que não existe uma correlação perfeita entre as mensurações determinadas por fotografias e por radiografias. Segundo os autores, isso se deve ao fato de que muitos cavalos possuem a parede dorsal do casco côncavas, convexas ou com alguma deformação abrupta na orientação que pode ser causada por um crescimento anormal do dígito, pelo modo como o animal foi casqueado ou uma combinação destes fatores, e que resultam em uma falta de acurácia na mensuração feita através das fotografias padronizadas.

Uma variabilidade do AC tem sido descrita, entretanto, os valores mais encontrados estão entre os 50 a 55° para membros anteriores (LESNIAK *et al.*, 2017). Os valores médios do AC aferidos radiograficamente de pôneis são de $54,4 \pm 4,0^\circ$ (THIEME *et al.*, 2015) e de cavalos *warmblood* são de 52° (KUMMER *et al.*, 2006). Dyson *et al.* (2011a) descrevem uma média de 52,3° (n= 19). Comparativamente ao ângulo da FD, analisado concomitantemente em alguns os trabalhos, o ângulo do casco sempre se mostrou ligeiramente maior, demonstrando que mesmo em cavalos normais, há uma pequena diferença entre ambas as mensurações.

2.8.3.3 Ângulo palmar/plantar da FD (AP)

O AP (Figura 6) é uma medida realizada entre a superfície distal (ou solear) da FD e o solo. Este parâmetro fornece informações quanto à integridade estrutural dos tecidos da região palmar do casco, especialmente o coxim digital, e, também, é um indicativo do efeito mecânico da ferradura ou de qualquer outro dispositivo que esteja em contato com o casco. Para a maioria dos animais que possuem cascos saudáveis com os talões fortes e um coxim digital robusto, o ângulo palmar é ligeiramente positivo (os processos palmares da FD estão ligeiramente mais altos que o ápice).

Entretanto, animais com o ângulo palmar muito alto (comparado a outros animais da mesma raça e tamanho) podem ser encontrados em condições patológicas como em animais encastelados, com deformidade flexural ou com laminite com rotação distal da FD; enquanto que um ângulo palmar negativo (os processos palmares da FD mais baixos que o ápice) indica uma perda substancial da integridade estrutural da área do talão (REDDEN, 2003c). Esta é uma típica condição que afeta os cavalos com os talões escorridos, popularmente conhecidos como cavalos “achinelados”, característica esta que é a anormalidade mais encontrada nos cascos dos cavalos (HUNT, 2012).

Kummer *et al.* (2006) encontraram valores médios para o AP entre 5,4 e 6,4° após o casqueamento em cavalos de sela sem problemas de casco. Thieme *et al.* (2015) encontraram valores médios de $6,3 \pm 2,6^\circ$ para os membros anteriores e $4,1 \pm 2,1^\circ$ para os membros posteriores de pôneis hípidos logo após o casqueamento. Outros autores citam uma variação normal deste ângulo entre 3 e 5° (REDDEN, 2003b; O’GRADY, 2009) ou de 2 a 10° (PARKS, 2003). A variação deste parâmetro afeta a força de tensão exercida sobre o TFDP. A utilização de taloneiras (palmilhas em formato de cunha com altura maior na região dos talões) com 6° demonstrou reduzir em 24% a pressão sobre o navicular (WILLEMEN *et al.*, 1999).

2.8.3.4 Ângulos das articulações interfalângicas proximal (AAIP) e distal (AAID) e ângulo do eixo quartela-casco (AeQC)

Através da projeção LM pode-se avaliar isoladamente o ângulo formado pela AIP e pela AID, assim como o paralelismo entre todas as três falanges, o chamado eixo quartela-casco (MAGALHÃES, 2015). Essa é a mensuração mais aceita para avaliar o equilíbrio do casco (O’GRADY; POUPARD, 2003).

Para estabelecer radiograficamente os valores angulares das articulações interfalângicas é necessário demarcar o centro de rotação (CR) para cada uma das articulações: primeiramente se desenha um círculo no aspecto distal da FP e outro no da FM que passem exatamente pelos espaços articulares cruzando três pontos que são demarcados para cada articulação como um guia que dará origem aos círculos. Com isso, o ponto central de cada círculo formado será o CR de cada articulação. O formato da biomecânica destas articulações, vista em um plano perpendicular ao seu eixo articular, é circular, e, apenas em casos de severo desvio do membro (desvio de

aprumos), esta abordagem perde a correlação com a realidade (CRAIG *et al.*, 2001). A partir destes círculos, para determinar o ângulo formado entre as articulações, é traçada uma primeira linha dividindo igualmente a FP e que cruze pelo CR da AIP; depois uma segunda linha que cruze ambos os CR (da AIP e da AID); por fim, uma terceira linha que cruze pelo CR da AID (CRC) e seja paralela a borda dorsal da FD. O ângulo geométrico formado pelo cruzamento da primeira com a segunda linha é o AAIP, enquanto que o formado pela segunda e terceira linha corresponde ao AAID (Figura 7).

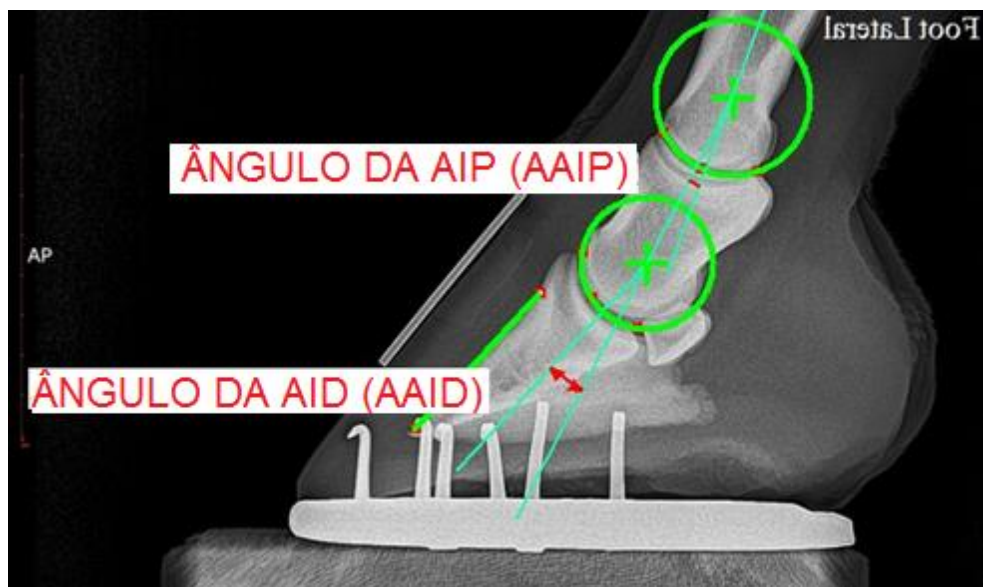


Figura 7. Projeção LM do casco demonstrando a aferição dos ângulos da AIP e da AID (arquivo pessoal).

Para aferir o ângulo do eixo quartela-casco (AeQC) se traça uma linha a partir do ponto mais central da FM em sentido proximal, dividindo igualmente a FP, e distalmente, é desenhada outra linha, partindo do mesmo ponto, paralela à borda dorsal da FD, o ângulo dorsal formado representa o alinhamento entre as três falanges (Figura 8).

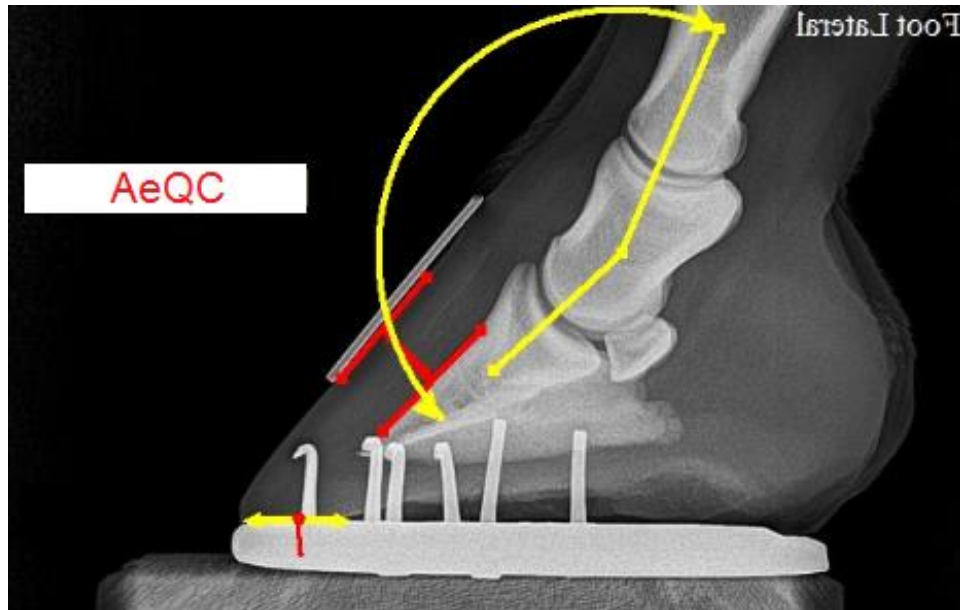


Figura 8. Projeção LM do casco demonstrando a aferição do ângulo do eixo quartel-casco (arquivo pessoal).

Alguns autores citam que os valores normais para os cavalos hípidos deveriam ficar próximos a zero grau, ou seja, um alinhamento perfeito entre as três falanges. Segundo esta teoria, o ângulo formado entre a quartela com o chão e entre o aspecto dorsal do casco com o chão deve ser o mesmo, sendo que o ângulo entre os dois (casco e quartela) deve ser de 180 graus (PARKS, 2003). Entretanto Craig *et al.* (2005) demonstraram em uma população de 151 cavalos de diversas raças que os valores médios para o AAIP ficaram em $5,8 \pm 5,2^\circ$ e para o AAID $8,3 \pm 9^\circ$, salientando que o alinhamento perfeito, representado por uma angulação próxima a zero, não representa o modo pelo qual estes animais são conformados.

Drumond *et al.* (2016) avaliaram animais da raça Mangalarga Marchador e encontraram valores menores para o AAIP e maiores para o AAID comparados aos do trabalho anterior, o que demonstrou uma extensão da articulação do casco nesta população que era caracterizada por dígitos com tamanho da pinça do casco compridos. Este tipo de desalinhamento entre as falanges é denominado de eixo quebrado para trás (*broken back axis*) e é muito comum, ocorrendo em 72,8% dos cascos nos membros torácicos. Este tipo de conformação causa um aumento da pressão exercida pelo TFDP no osso navicular, podendo ser associada a lesões tanto do aparato podotrocLEAR quanto na AID (PAGE; HAGEN, 2002).

Apesar de ser, geralmente, uma medida de grande interesse para os

veterinários e aos ferradores, Kummer *et al.* (2006) salientam que estes ângulos são influenciados pelas cargas que atuam sobre as articulações, sendo mínimo o efeito do casqueamento. Além disso, Craig *et al.* (2001) ressaltam que muitos profissionais dão muita importância a este parâmetro, sem levar em conta que é um quesito influenciado diretamente pelo modo em que os membros estavam apoiados no momento da captura da imagem, devendo ser avaliado criteriosamente.

2.8.3.5 Centro de rotação do casco (CRC) e o suporte da pinça (SP)

Também chamado de CR da AID, o CRC é o ponto de partida de uma linha vertical traçada perpendicular ao solo, dividindo a sola do casco em duas partes, a porção dorsal a esta linha é chamada de suporte da pinça (SP) (Figura 9). O CRC é descrito como um centro pivô, o núcleo do equilíbrio do casco (HEALEY, 2011).

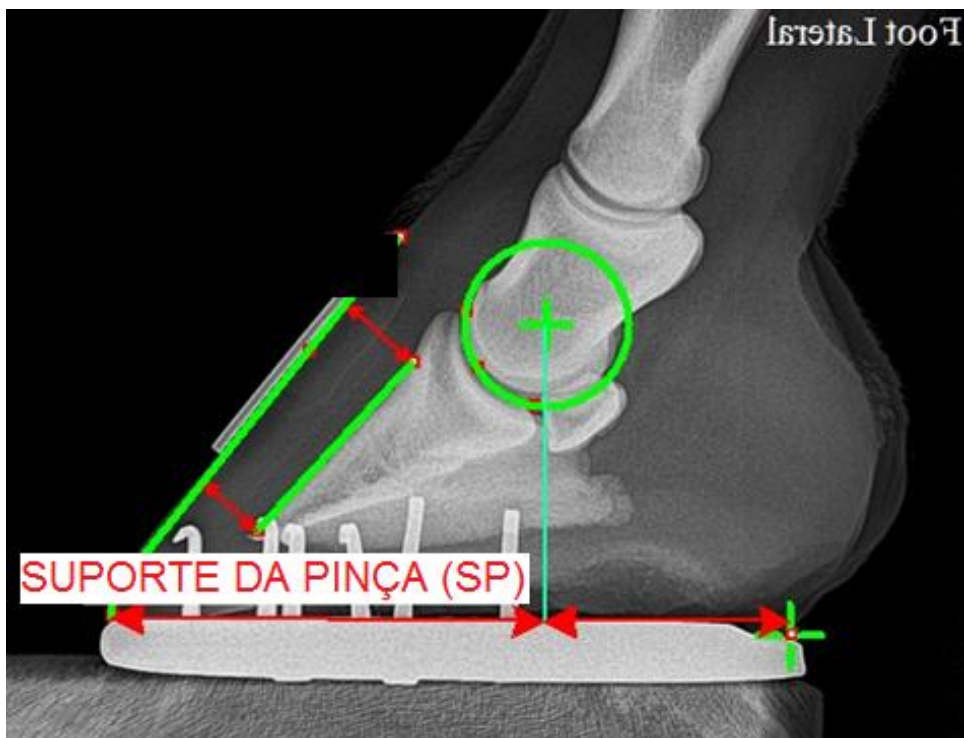


Figura 9. Projeção LM do casco demonstrando a aferição do CRC e do SP (arquivo pessoal).

Anos atrás, autores citavam que esta linha deveria dividir o casco em iguais partes na superfície de apoio no solo (O'GRADE; POUPARD, 2001). Entretanto, foi demonstrado que o SP representa em média $67.06 \pm 5.41\%$ da área de superfície solear do casco, em um estudo conduzido a partir de 131 exames radiográficos de

animais de variadas raças (CRAIG *et al.*, 2005). Outros pesquisadores encontraram valores entre 61 a 64%, mas os cavalos haviam sido casqueados próximos ao momento da aferição (KUMMER *et al.*, 2006; THIEME *et al.*, 2015).

2.8.3.6 Distância da banda coronária ao processo extensor (Distância de afundamento - DA)

Esta é uma medida vertical realizada entre a porção mais proximal da coroa do casco (banda coronária) ao ponto mais proximal do processo extensor (processo piramidal) da FD (Figura 10). Segundo Redden (2003c) esta medida deve ser feita comparativamente, pois pode variar bastante entre cavalos sadios (desde alguns milímetros até 35 mm), sendo em média de 10 a 15 mm. Este parâmetro também é conhecido como distância de afundamento (*founder distance*) pois é uma medida utilizada para avaliar cascos de cavalos com a síndrome do afundamento, uma forma severa da laminite que cursa com o deslocamento ventral da FD na cápsula do casco. De acordo com Butler (2008), esta é uma medida difícil de avaliar em uma única projeção radiográfica e deve ser feita comparando com o membro contralateral ou radiografias prévias. A utilização de um marcador radiopaco na banda coronária facilita a realização desta aferição. É importante ressaltar que há uma diferença entre os membros analisados, Thieme *et al.* (2015) observaram que 83% dos cavalos (134/162) possuem diferenças ≤ 1 mm entre os membros torácicos ou entre os membros pélvicos, mas, quando compararam os membros torácicos com os membros pélvicos, apenas 56% (181/324) apresentaram uma diferença ≤ 1 mm. Kummer *et al.* (2006) não encontraram diferenças estatisticamente significativas neste parâmetro quando avaliaram animais casqueados em um intervalo de oito semanas, mas ressaltaram que esta medida pode sofrer influência da colocação do marcador radiopaco na coroa do casco ou da carga de apoio dos membros.

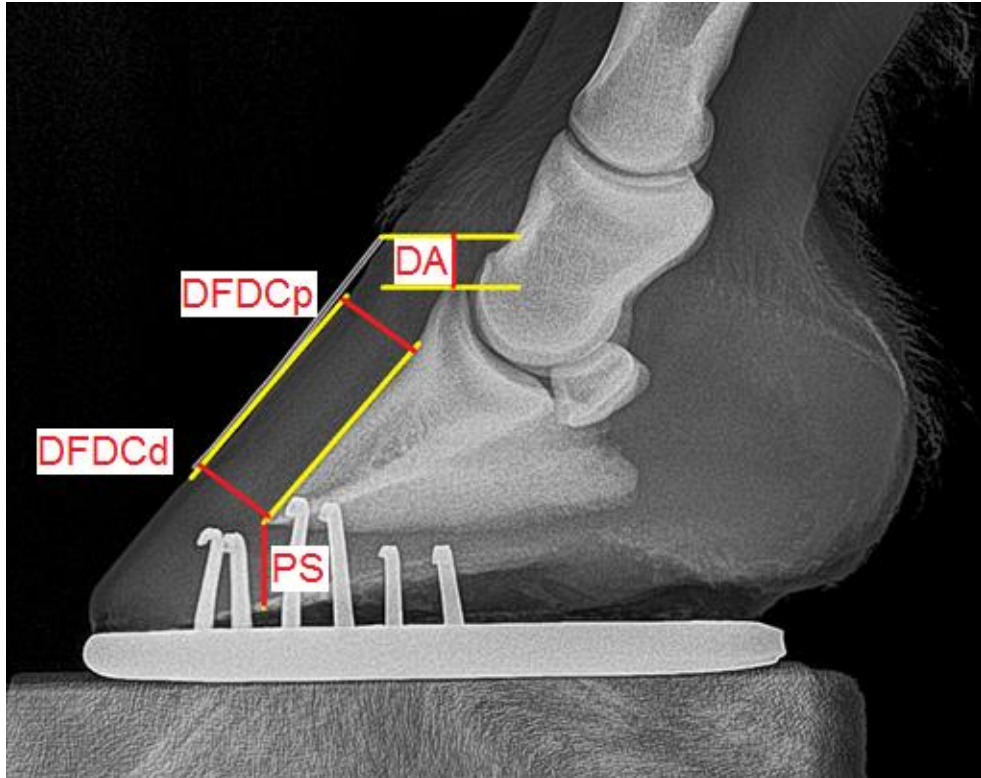


Figura 10. Projeção LM do casco demonstrado a aferição da DA, da DFDCp, da DFDCd e da PS (arquivo pessoal).

2.8.3.7 Espessura da parede dorsal do casco (DFDCp/DFDCd)

A espessura da parede dorsal do casco é uma medida realizada entre a superfície dorsal da falange distal e a porção dorsal mais externa da porção córnea da parede do casco, podendo ser medida em qualquer ponto, mas, geralmente realizada em duas áreas distintas: uma logo abaixo do processo extensor da FD (DFDCp) e a outra próxima ao ápice (DFDCd) (Figura 10). Segundo Redden (2003c), a espessura normal para cavalos da raça Quarto de Milha, Puro Sangue de Corrida e de outras raças de tamanhos aproximados é de 15-16 mm, mas a interpretação desta medida depende do tamanho e do tipo de animal. Esta mensuração é importante pois ela aumenta em condições que afetam a derme lamelar, as inserções das lâminas e a parede do casco (REDDEN, 2003c). É importante ressaltar que quando a aferição é realizada em dois pontos há uma influência grande do casqueamento na mensuração feita distalmente, pois o groseamento da parede dorsal do casco reduz significativamente esta medida (KUMMER *et al.*, 2006). Thieme *et al.*, (2015) encontraram valores similares entre os membros torácicos (MTs) e pélvicos (MPs) na medida proximal, mas para a mensuração distal, observaram valores

significativamente superiores nos membros pélvicos.

Pollit (2008) preconiza que esta medida seja realizada em apenas um ponto médio e ressalta que ela é proporcional ao tamanho da falange distal - corresponde a 25% da distância do córtex palmar da FD, que é mensurada desde o ápice da falange até a AID. Pollit (2008) salienta que esta mensuração nunca varia em um cavalo sadio e que, se há uma elevação, a laminite é uma condição que provavelmente seja a causa, sendo extremamente importante saber a magnitude deste aumento. As radiografias de cavalos com laminite aguda devem, portanto, ser avaliadas em busca de uma alteração deste parâmetro. Um acréscimo de 2 a 3 mm é extremamente significativo no contexto agudo ou crônico inicial desta patologia. O autor destaca que no período inicial da laminite crônica, a parede do casco e a falange distal poderão se separar mas, se manterem paralelas (sem alterar as medidas angulares) - haja visto que, em geral, a rotação da terceira falange em relação a parede do casco ou ao eixo quartela-casco ocorre mais tardiamente.

2.8.3.8 Profundidade da sola

A profundidade da sola (PS) é uma medida vertical entre o ápice da superfície distal da FD e a sola do casco (Figura 10). Para Redden (2003c), esta medida deve ser de 15 mm em cavalos sadios. Baseando-se em estudos de venografia em vários animais, o autor considera que a derme solear necessita de, ao menos, 10 mm de espaço entre a superfície ventral da falange e a camada cornificada da sola para que haja um preenchimento vascular adequado; e, pelo menos, 5 mm de espessura da sola cornificada para proteger o *corium*. O estudo conduzido por Kummer *et al.* (2006) encontrou uma média de 15 mm nesta medida em uma população de cavalos com altura de cernelha que variavam entre 162 a 172 cm, com pequenas variações dependendo do membro analisado. Thieme *et al.* (2015) encontraram um valor de $10,6 \pm 2,1$ cm para os membros anteriores de uma população de pôneis com altura média na cernelha de 122 cm, que são similares aos encontrados por Kummer *et al.* (2006) quando os cálculos são ajustados nas margens estabelecidas pelo intervalo de confiança de 95% de acordo com a altura na cernelha dos animais.

2.8.3.9 Comprimento da pinça do casco (DFDP)

A aferição do comprimento da pinça (Distância da FD à pinça do casco – DFDP) é realizada traçando-se duas linhas verticais, uma no ápice da FD e outra na porção mais dorsal da pinça do casco e, então, medindo a distância entre elas horizontalmente (Figura 11). Esta mensuração pode ser importante para determinar o quanto da pinça do casco pode ser aparada no momento do casqueamento (CRAIG *et al.*, 2001). Kummer *et al.* (2006) encontraram valores médios de 3,1 - 3,2 cm para esta medida em cavalos *warmblood*. Thieme *et al.* (2015) encontraram valores um pouco menores para uma população de pôneis, em média 2,7 cm para os MTs e 3 cm para os MPs.

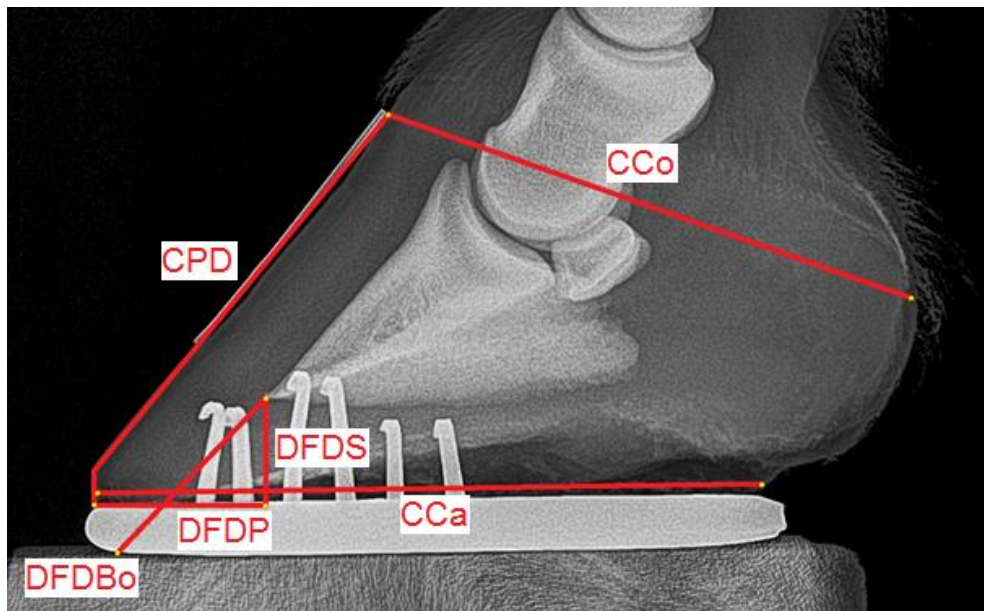


Figura 11. Projeção LM do casco demonstrando a aferição CCo, do CPD, do CCa, da DFDS, da DFDP e da DFDBo (arquivo pessoal).

2.8.3.10 Distância do ponto de *breakover* (DFDBo)

O ponto de *breakover* ou de rotação é a área mais dorsal da sola do casco que faz contato com o solo. Esta é a última parte do casco que deixa o chão durante a fase caudal da locomoção (fase final do apoio). De acordo com Redden (2003c) é possível medir radiograficamente a distância entre o ápice da FD e o ponto de *breakover* (DFDBo) (Figura 11) a fim de planejar e calcular o casqueamento e o ferrageamento corretivos. Se o animal estiver usando ferraduras, o ponto de *breakover* será a porção mais dorsal da ferradura em contato como o solo. Quanto maior a DFDP e mais agudo o AC, mais tempo e força são necessários para rolar a

pinça durante o passo. Quanto maior a DFDBo, maior será a tensão nas lâminas do casco e o encurvamento dos túbulos córneos (REDDEN, 2003c). Com isso, há um atraso do *breakover* e um aumento da tensão exercida no TFDP (O'GRADE; POUPARD, 2001). O crescimento da região da pinça do casco acarreta um distanciamento do ponto de *breakover* ao CRC, gerando um aumento do tamanho do braço do momento extensor da AID (momento articular: é o produto da força e sua distância perpendicular a um ponto de referência) (PARKS, 2016), resultando em uma eixo quartela-casco quebrado para trás, condição que causa aumento da tensão sofrida na inserção do TFDP na FD (PAGE; HAGEN, 2002).

A mudança na localização do *breakover*, mais especificamente sua redução, tem sido indicada para correção do alinhamento das falanges média e distal e, conseqüentemente, a redução das lesões associadas ao mau alinhamento. A localização do *breakover* pode ser manipulada com o ferrageamento, com o uso de alguns formatos específicos de ferradura ou com o próprio casqueamento em animais que não usam ferraduras (PAGE; HAGEN, 2002). Vários métodos são utilizados como a redução da pinça do casco, a elevação dos talões, o “rolamento” da ferradura, entre outros. O “rolamento” da pinça é realizado através do desbaste da região frontal da ferradura com intuito de mover o ponto do *breakover* em direção palmar, diminuindo o tamanho do braço do momento extensor e possibilitando que a saída do casco do solo possa ocorrer em menor tempo e de maneira mais suave (PARKS, 2016) (Figura 12).

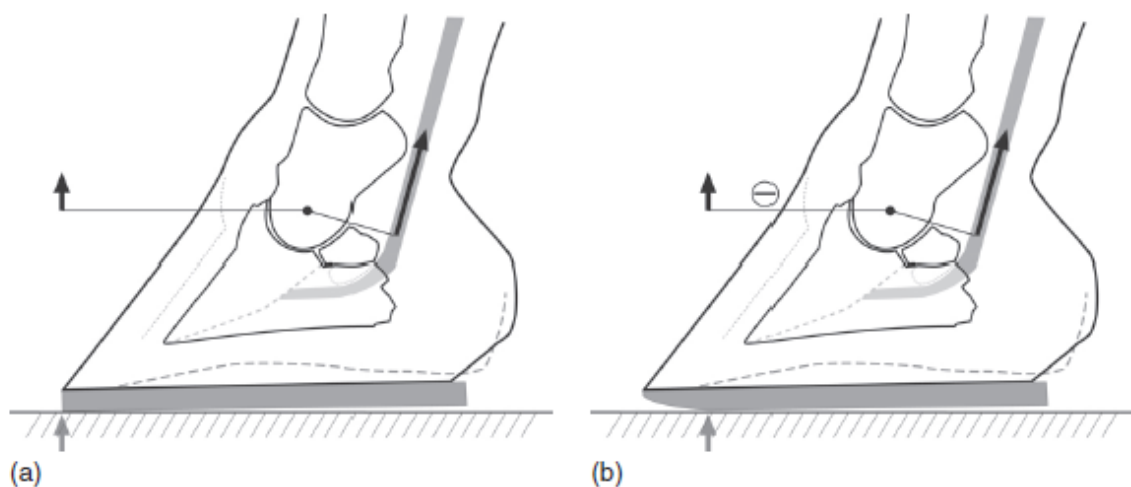


Figura 12. Representação demonstrando o efeito da redução da DFDBo no tamanho do braço do momento extensor da AID (PARKS, 2016).

Kummer *et al.* (2009) observaram diferenças consideráveis nesta mensuração quando avaliaram grupos de cavalos casqueados por diferentes profissionais, encontrando até 1 cm de diferença entre os grupos. Os valores médios para esta mensuração foram de 2,5 cm (KUMMER *et al.*, 2006) para cavalos de hipismo.

2.8.2.11 Distância da FD ao solo (DFDS)

Esta mensuração corresponde a distância vertical entre o ápice da FD ao solo (em cavalos desferrados) ou à ferradura. Esta medida é um indicativo do crescimento do tecido córneo e é um dos parâmetros que descrevem a posição da FD em relação ao casco – assim como as seguintes medidas: AFD, DA, DFDCd, DFDP, DFDBo e PS (KUMMER *et al.*, 2006).

A diferença entre a DFDS e a PS é um indicativo da concavidade da sola do casco. Solas rasas tendem a ter valores de DFDS e da PS similares.

2.8.3.12 Comprimento da parede dorsal do casco (CPD)

Esta medida compreende o tamanho da parede dorsal do casco desde a coroa até a pinça do casco (Figura 11). Este parâmetro pode ser influenciado diretamente pelo tamanho do animal, altura, peso corporal, tipo de atividade, tipo de ferrageamento e genética. Isto foi demonstrado por alguns estudos que encontraram valores médios diferentes para populações de cavalos diferentes como 7,8 cm (THIEME *et al.*, 2015) e 9,5 cm (KUMMER *et al.*, 2006). Esta mensuração pode ser feita externamente, sem o auxílio radiográfico.

2.8.3.13 Comprimento da casco (CCa)

O comprimento do casco é definido pela distância horizontal da sola do casco desde a pinça até o talão (Figura 11). Também é uma característica muito variável que depende individualmente do tipo, tamanho e uso do animal. Os valores médios do CCa são diferentes para populações de cavalos com alturas na cernelha desiguais: 11,5 cm (THIEME *et al.*, 2015) e 12,7 cm (KUMMER *et al.*, 2006). Esta mensuração também pode ser feita externamente, sem o auxílio radiográfico.

2.8.3.14 Comprimento da coroa do casco (CCo)

O comprimento da coroa do casco é a distância entre o ponto mais dorsal ao mais palmar da banda coronária (Figura 11). É uma medida que pode ser aferida externamente. O valor médio para os CCo dos MTs de pôneis de 120 cm de altura média foi de 9,6 cm (THIEME *et al.*, 2015). Lesniak *et al.* (2017) encontraram 10,1 cm de média para uma população de 157 cm de altura, mas os valores foram aferidos por fotografias.

2.8.2 Projeção dorsopalmar/plantar (DP)

A interpretação das mensurações feitas através da projeção DP (Figura 13) do casco é relativamente mais simples do que na projeção LM, mas nem por isso menos importante. Basicamente o que se avalia é um conjunto de medidas que fornecem informações quanto ao equilíbrio médio-lateral do casco.

O equilíbrio médio-lateral do dígito é essencial para que a recepção do casco no solo tenha as cargas de apoio distribuídas medial e lateralmente da mesma maneira. O exame do formato externo do casco é, muitas vezes, insuficiente para aferir a orientação médio-lateral das estruturas ósseas internas. Muitos cavalos possuem assimetrias na altura da coroa lateral e medial do casco (ACoL/ACoM), assim como no comprimento da parede lateral e medial do casco (CPL/CPM), mas estas mensurações não se correlacionam com a simetria articular da AID (KUMMER *et al.*, 2006).

Para avaliar a simetria médio-lateral, é necessário avaliar a AID, a distância entre a superfície solear da FD e o solo (medial e lateralmente) (DFDSL/DFDSM) e a distância entre a superfície abaxial da FD e da parede do casco (DFDCL/DFDCM), também em ambos os lados (MAGALHÃES, 2015). Para Kummer *et al.* (2006), a simetria da AID pode ser correlacionada à DFDSL/DFDSM, porque são parâmetros que representam a posição da FD em relação ao estojo córneo.

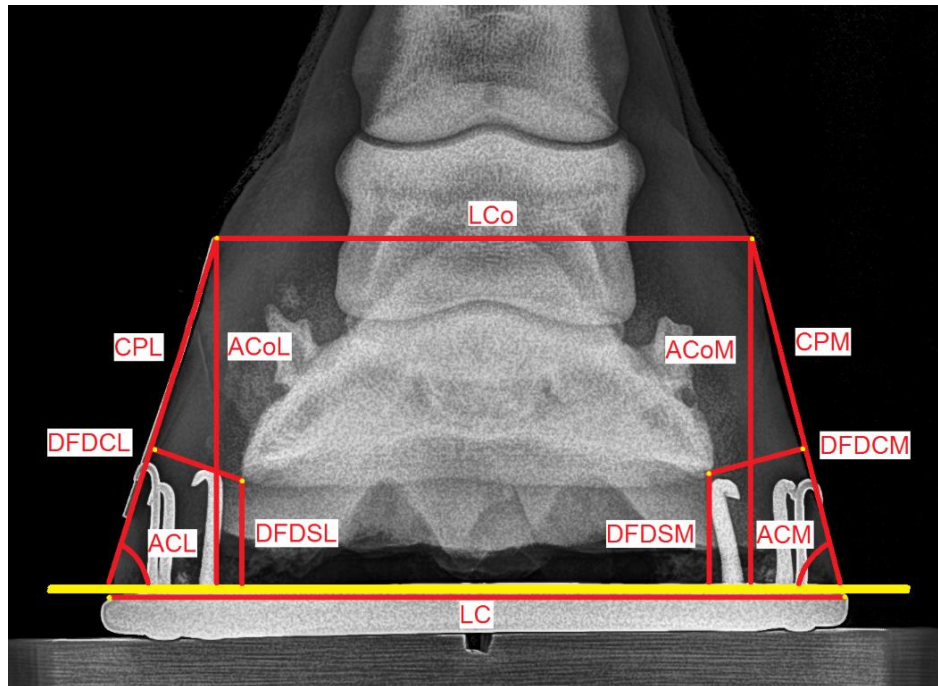


Figura 13. Projeção DP do casco demonstrando a aferição de 12 parâmetros (arquivo pessoal).

Em equinos bem conformados, a FD deve estar a mais simétrica possível em relação ao casco, o que significa que a superfície articular da AID deve ser paralela ao solo; a banda coronária medial e lateral, a espessura da parede do casco e a distância da superfície solear ao solo devem ser similares medial e lateralmente (EGGLESTON, 2012). Pequenas diferenças não tem relevância clínica se o espaço articular da AID estiver simétrico (MAGALHÃES, 2015). Entretanto, grandes alterações significam um desequilíbrio médio-lateral que poderá ser relacionada a alguma patologia ou ser provocado por um casqueamento inadequado. Alguns exemplos de alterações associadas a um desequilíbrio médio-lateral incluem os cascos distorcidos, os talões atrofiados, a dor palmar crônica, as rachaduras nos talões e bulbos, a calcificação das cartilagens alares e a podridão de rasilha (KUMMER *et al.*, 2006), além da laminite.

Em uma população de pôneis normais, Thieme *et al.* (2015) encontraram ângulos da parede medial do casco (ACM) ligeiramente maiores do que os da parede lateral (APL) e a DFDSM significativamente menor do que a lateral, indicando uma pequena projeção das estruturas mediais do casco em direção ao solo.

Através desta projeção também é possível aferir a largura do casco (LC) e a distância entre o ponto mais lateral ao mais medial da banda coronária (Largura da coroa - LCo).

3. ARTIGO

Artigo para publicação

EFEITO DO CRESCIMENTO DO CASCO EM MENSURAÇÕES RADIOGRÁFICAS DO DÍGITO DE EQUINOS DA RAÇA CRIOLA APÓS QUATRO E OITO SEMANAS DO FERRAGEAMENTO

Daniel Vianna Luz¹, Marcelo Meller Alievi¹, Rafael Resende Faleiros², Marília Marcolla de Figueiredo¹, César Augusto Camacho Rozo¹, Diogo Vianna Luz³

¹Programa de Pós-graduação em Medicina Animal: Equinos - Faculdade de Veterinária, UFRGS, Porto Alegre - RS, Brasil.

²Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Veterinária, Belo Horizonte - MG, Brasil.

³Médico Veterinário Autônomo.

RESUMO

As doenças que envolvem os cascos dos equinos são, geralmente, a causa mais comum de claudicação nesta espécie e estão associadas a conformação do dígito. O crescimento do casco que ocorre no intervalo entre os ferrageamentos altera sua morfologia e, portanto, as forças internas que atuam sobre as estruturas anatômicas. A avaliação objetiva do equilíbrio do casco pode ser realizada através de radiografias que permitem a aferição de diversas medidas angulares e lineares. Este estudo investigou como estas mensurações são afetadas em um intervalo de quatro (S4) e de oito (S8) semanas após o ferrageamento, em uma população de cavalos hípidos que foram ferrageados por um mesmo profissional experiente. Usando um programa computacional específico, foram realizadas 18 medidas na projeção LM e 12 na projeção DP do casco para investigar o efeito do crescimento do dígito ao longo do tempo. As alterações encontradas puderam ser estatisticamente verificadas em 28 parâmetros do total de 30 aferidos, sendo que, em apenas 6 não houve diferença significativa já na quarta semana após o casqueamento. O ângulo do casco e da falange distal diminuiu (S4 e S8) e o ângulo da articulação interfalângica distal aumentou (principalmente na S8) em comparação com o início do experimento. Houve um aumento expressivo da distância da falange distal (FD) à pinça, da distância da FD ao ponto do *breakover*, da distância da FD ao solo e da profundidade da sola, que são medidas que reproduzem a posição da FD em relação ao estojo córneo. Os resultados

sugerem que um período de tempo menor entre ferrageamentos, mais próximo às quatro semanas, pode diminuir o efeito cumulativo do crescimento do casco e limitar as mudanças drásticas que ocorrem quando o casco é aparado em intervalos maiores.

Palavras-chave: radiologia, cavalos, casqueamento, medidas

Effect of hoof growth in radiographic measurements of the Criollo horses digits after four and eight weeks from the shoeing

Abstract

Equine hoof pathologies are, generally, the most common cause of lameness in this species and are associated with the digit conformation. Hoof growth that occurs in the interval between shoeing alters its morphology and, therefore, the internal forces that act on the anatomical structures. Objective evaluation of hoof balance can be done through radiographs, which allows the analysis of several angular and linear measurements. This study investigated how these measurements are affected at an interval of four- and eight-weeks post-shoeing in a population of healthy Criollo horses that were shod by the same experienced farrier. Using a specific software, 18 measurements were made in the lateromedial projection and 12 in the dorsopalmar projection of the digit to investigate the effect on hoof growth over time. The alterations found could be statistically verified in 28 of a total of 30 parameters, and in only six there was no significant difference in the four weeks post-shoeing. The measures that had the greatest variation mainly expressed the pattern of growth activity of the toe region. The angle of the hoof and distal phalanx decreases (at week four and eight) and the angle of the distal interphalangeal joint increases (mostly at week eight). There is an increase in the distance between the distal phalanx (DP) to the toe, the distance between the DP to the breakover point, the distance from the DP to the ground and the depth of the sole (at week four and eight), which are measures that reproduce the relationship of the position of the DP to the hoof capsule. The results suggest that shoeing interval that is closer to four weeks may decrease the cumulative effect of hoof growth and limit the drastic changes that occur when the hoof is trimmed at longer intervals.

Key words: radiology, horse, trimming, measures

INTRODUÇÃO

A podologia equina tem sido objeto de interesse desde a domesticação da espécie. Apesar de diversos trabalhos na área, muitas informações ainda necessitam de comprovação e de abordagens científicas. As patologias distais do aparelho locomotor do equino são uma causa frequente de claudicação em cavalos (MOYER; CARTER, 2007), e estão associadas à má conformação e a falta de equilíbrio do casco (Caldwell *et al.*, 2016; MOLEMAN *et al.*, 2005). As lesões de casco estão relacionadas como uma das principais causas de queda de performance e do afastamento precoce das atividades esportivas (DUCRO *et al.*, 2009; MOLEMAN *et al.*, 2006) e de lazer (KUMMER *et al.*, 2006).

Alguns estudos identificaram que a função biomecânica do membro pode ser influenciada pelas alterações da conformação do casco (LESNIAK *et al.*, 2017). Consequentemente, há influência nas forças que atuam sobre os componentes estruturais do casco (ELIASHAR *et al.*, 2004), no momento articular das articulações interfalângicas (MOLEMAN *et al.*, 2006), no *breakover* e na pressão exercida sobre o osso navicular (WILLEMEN *et al.*, 1999).

O casqueamento/ferrageamento dos cavalos em intervalos regulares permite uma manipulação do formato do dígito, objetivando melhorar a função biomecânica, o desempenho (PANAGIOTOPOULOU *et al.*, 2016) e prevenir lesões. Entretanto, o efeito da variação da conformação dos cascos entre as intervenções do casqueiro/ferreiro ainda não foi completamente elucidado, mesmo estando associado com a ocorrência de patologias distais (LESNIAK *et al.*, 2017) que podem impactar a saúde, a performance e a longevidade de cavalos atletas (KUMMER *et al.*, 2006).

Empiricamente, o intervalo entre as intervenções no casco varia entre quatro a oito semanas, podendo se estender por um período mais longo em cavalos com menor demanda atlética. Entre pesquisadores, o período recomendado varia de quatro a seis semanas ou de seis a oito semanas (LESNIAK *et al.*, 2017). A maioria dos trabalhos utiliza o período de oito semanas para avaliar as alterações associadas ao crescimento do casco (van HEEL *et al.*, 2005; MOLEMAN *et al.*, 2006; KUMMER *et al.*, 2006; KUMMER *et al.*, 2009).

Um período de oito semanas tem sido associado a alterações morfológicas do casco que resultam em um aumento da pressão exercida sobre a AID (MOLEMAN *et al.*, 2006) e sobre o aparato podotrocLEAR. Por outro lado, um período menor entre os ferrageamentos, entre quatro a seis semanas, poderia beneficiar o cavalo caso fosse suficientemente capaz de limitar as mudanças no dígito, e, por associação, no resto do membro (LESNIAK *et al.*, 2017). Porém, há

uma escassez de conhecimento baseado em evidências sobre as alterações angulares e lineares que ocorrem dentro do casco associadas a intervalos menores, a fim de confirmar os benefícios potenciais desta prática (MOLEMAN *et al.*, 2006).

A avaliação objetiva do equilíbrio geométrico do casco pode ser realizado através de radiografias que permitem a realização de diversas mensurações angulares e lineares. A descrição quantitativa dos ossos digitais em relação ao casco tem sido proposta como uma forma de alcançar um casqueamento ideal para determinadas conformações de casco (SALA, 2009). Alguns autores procuraram estabelecer os valores médios de algumas mensurações radiográficas para distintas populações de cavalos nos últimos anos (KUMMER *et al.*, 2006; THIEME *et al.*, 2015) e a influência de determinadas abordagens no casqueamento dos cavalos (KUMMER *et al.*, 2006; KUMMER *et al.*, 2009; CALDWELL *et al.*, 2016).

Este estudo tem como objetivo apresentar uma forma objetiva de avaliar as alterações causadas em diferentes intervalos de tempo nas mensurações de estruturas do casco entre os ferrageamentos, verificando o equilíbrio longitudinal e lateromedial do casco de equinos hípidos através de mensurações radiográficas realizadas no momento do ferrageamento e após quatro e oito semanas. Foi hipotetizado que: (1) durante um intervalo entre ferrageamentos de oito semanas há um crescimento natural do casco que cursa com mudanças significativas das características morfo-geométricas das estruturas internas e externas do dígito; (2) que exista uma linearidade entre as alterações no período de oito semanas; e (3) que as alterações entre o dia do ferrageamento e após quatro semanas não são significativas, indicando que um menor intervalo entre ferrageamentos poderia alterar em menor grau as medições radiográficas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) de acordo com os preceitos das Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008, o Decreto 6899 de 15 de julho de 2009, e as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA).

Animais

Treze equinos da raça Crioula, (4 machos castrados e 9 fêmeas), idade variando entre 5 e 21 anos ($13,2 \pm 6,3$), peso variando entre 390 e 490 kg ($433 \pm 34,1$ kg) e altura variando entre 138 e 145 cm ($140 \pm 2,3$ cm) foram incluídos. Estas medidas foram tomadas ao início do

experimento. Os animais eram provenientes de um pensionato para cavalos localizado em Porto Alegre/RS - Brasil e foram submetidos ao mesmo manejo durante o estudo, sendo mantidos soltos a pasto durante o dia e em cocheira à noite. A alimentação era de ração comercial duas vezes ao dia e pasto nativo à vontade. Todos os animais foram submetidos a um exame clínico geral e ortopédico. Somente animais sem histórico ou sinais clínicos de afecções ortopédicas e/ou neurológicas foram incluídos no projeto.

Previamente ao estudo, os animais eram mantidos em regime de casqueamento/ferrageamento pelo mesmo profissional, em intervalos regulares de seis a oito semanas, por um período mínimo de seis meses e nenhum estava sendo submetido a algum tipo de ferrageamento corretivo. Ao início do experimento, cada equino recebeu um casqueamento e um ferrageamento convencional (ferraduras de ferro JK® modelo N, forjadas a quente nos membros anteriores ou em todos os membros, fixadas por seis cravos regulares marca Cobra® cada) realizado por um mesmo ferrageador profissional experiente, médico veterinário e membro da Associação dos Ferradores do Brasil (A.F.B).

Método radiográfico

Os cavalos foram posicionados com os membros torácicos sobre blocos de madeira, ambos os membros perpendiculares ao solo e com igual carga de apoio conforme preconizado por Kummer *et al.* (2004) e por Kummer *et al.* (2009). A placa receptora de imagem foi posicionada medialmente ao membro a ser radiografado, em uma posição vertical, de modo que ficasse justaposta ao casco na projeção lateromedial (LM) e palmar ao membro para a projeção dorsopalmar (DP). O emissor colocado a uma distância fixa de 100 cm da placa receptora e paralela a esta. Para a projeção LM, o feixe de raios-X foi direcionado 2 cm abaixo da banda coronária em um ponto médio entre os bulbos e a parede dorsal do casco de acordo com a técnica descrita por Kummer *et al.* (2004). Para a projeção DP, o emissor foi movido 90° para a posição dorsal ao casco, o feixe de raios-X direcionado para a região central da parede dorsal do casco sem mudança de ângulo em relação ao solo de acordo com a técnica utilizada por Kummer *et al.* (2006). Um marcador radiopaco de tamanho conhecido (50 mm) foi fixado para delimitar a parede dorsal do casco nas projeções LM e na parede lateral do casco nas projeções DP.

Foi utilizado um equipamento de radiologia digital direta móvel (DR Tech® modelo 810) e foram realizadas o menor número possível de repetições das projeções radiográficas e de pessoas envolvidas no procedimento, respeitando as diretrizes da proteção radiológica,

utilizando aventais e luvas plumbíferas, protetores de tireoide e dosímetros individuais radiológicos.

Modelo experimental

Ao início do experimento (semana zero) - imediatamente após o ferrageamento dos animais -, foram realizadas radiografias LM e DP do casco de ambos os membros torácicos (S0). Após quatro (S4) e oito semanas (S8) foram realizadas novas radiografias LM e DP do casco de ambos os membros torácicos.

Mensurações

Todas as imagens radiográficas digitais foram analisadas e mensuradas individualmente para cada membro após serem exportadas em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) para o software de leitura Metron Hoof® que foi validado por Rocha *et al.* (2004). As mensurações foram feitas em parceria com Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Foram realizadas 18 medidas nas projeções LM (Figuras 14 e 15) e 12 medidas nas projeções DP (Figura 16). Estas medidas foram comparadas ao longo do tempo, buscando identificar o efeito do intervalo entre as sessões.

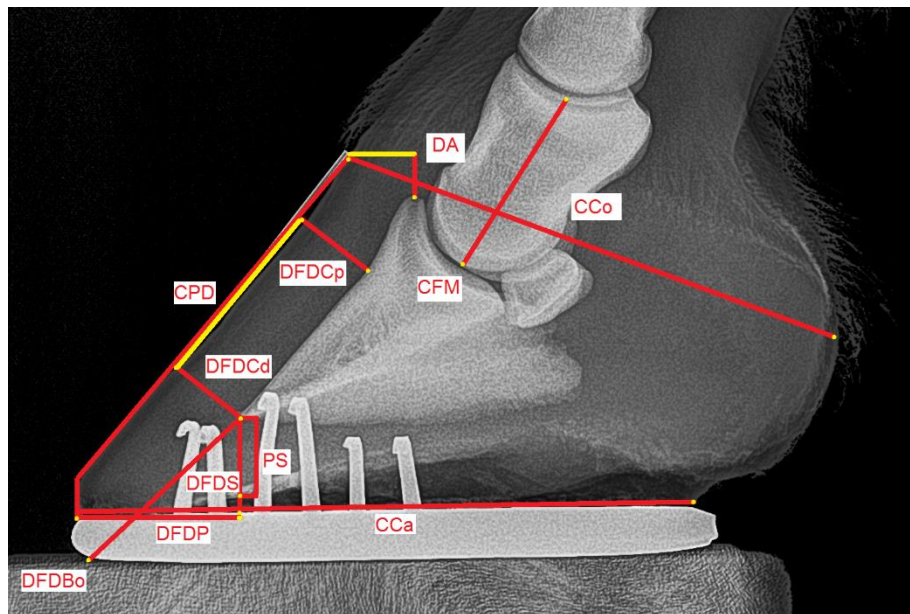


Figura 14. Projeção LM do casco demonstrando os parâmetros lineares mensurados. CCo, comprimento da coroa; DA, distância de afundamento; CFM, comprimento da falange média; DFDCp, distância da falange distal ao casco proximal; DFDCd, distância da falange distal ao casco distal; CPD, comprimento da parede dorsal do casco; PS, profundidade da sola; DFDS, distância da falange distal ao solo; DFDP, distância da falange distal a pinça; DFDBo, distância da falange distal ao *breakover*; CCa, comprimento do casco.

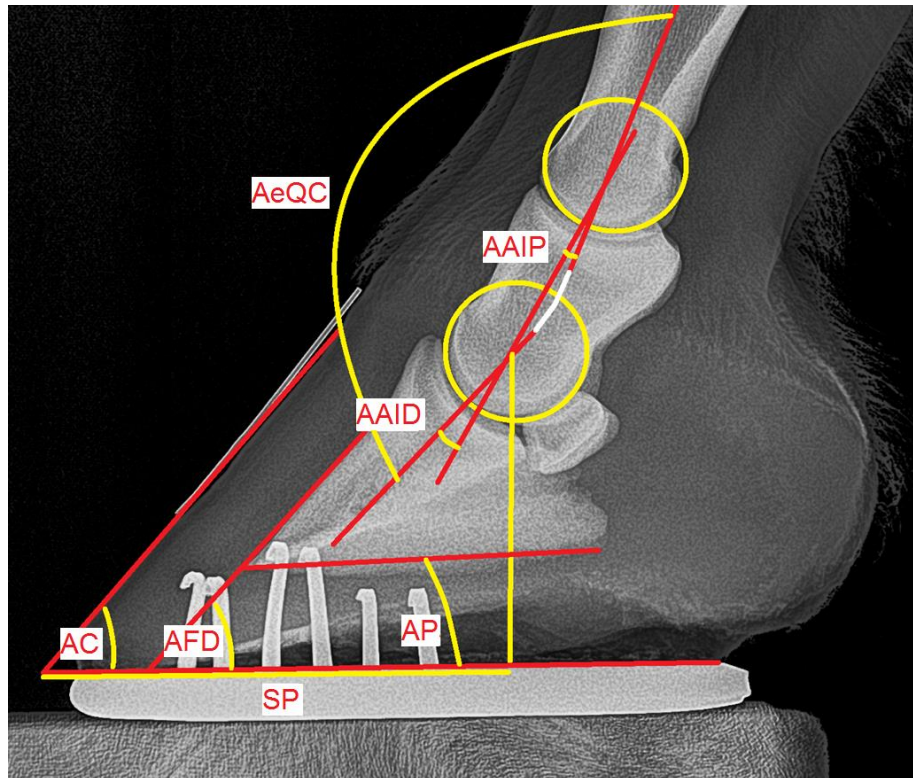


Figura 15. Projeção LM do casco demonstrando os parâmetros angulares aferidos e o suporte da pinça (SP%). AAIP, ângulo da articulação interfalângica proximal; AAID, ângulo da articulação interfalângica distal; AeQC, ângulo do eixo quartela-casco; AP, ângulo palmar; AFD, ângulo da falange distal; AC, ângulo do casco.

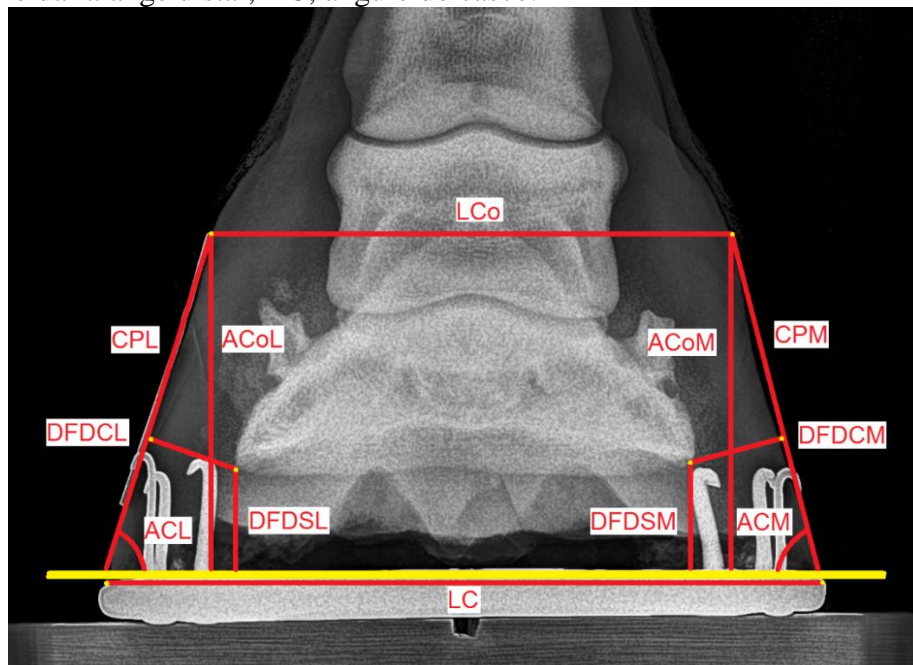


Figura 16. Projeção DP do casco demonstrando 12 parâmetros angulares e lineares aferidos. LCo, largura da coroa; LC, largura do casco; CPL, comprimento da parede lateral; CPM, comprimento da parede medial; ACoL, altura da coroa lateral; ACoM, altura da coroa medial; DFDCL, distância da falange distal ao casco lateral; DFDCM, distância da falange distal ao casco medial; DFDSL, distância da falange distal ao solo lateral; DFDSM, distância da falange distal ao solo medial; ACL, ângulo do casco lateral; ACM, ângulo do casco medial.

Análise estatística

As análises foram realizadas usando o software SAS Studio ® em um nível de significância de $p < 0,05$. Foi realizada uma análise de normalidade das variáveis pelo PROC UNIVARIATE. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram analisados pelo PROC NPARIWAY e os dados com distribuição normal foram analisados por PROC GLM. Foi realizada uma prova de Análise de Variância (ANOVA) para as três sessões (S0, S4 e S8), levando em consideração a individualidade por animal, para as variáveis analisadas. A mesma prova foi usada para comparar os membros anteriores (direito e esquerdo) levando em consideração as sessões. Posteriormente, as variáveis foram submetidas ao teste de correlação de Pearson para determinar interações ($p < 0,05$) entre todas as variáveis.

RESULTADOS

Os resultado estatísticos básicos, obtidos durante as sessões (S0, S4 e S8), para ambos os membros (média geral) e para cada membro (direito e esquerdo), nas projeções DP e LM, estão descritos (Tabelas 1 e 2). De um total de 30 variáveis mensuradas ao longo do tempo, 28 diferiram significativamente entre as sessões, sendo que, apenas seis parâmetros não demonstraram diferença significativa entre a S0 e a S4: DFDCL, ACoM, LCo na projeção DP e AeQC, CCo e CCa na radiografia LM.

Os parâmetros mensurados que representam estruturas anatômicas que não sofrem influência do casqueamento são assinalados como invariáveis (#) nas tabelas. Na projeção DP, o parâmetro invariável (LCo) demonstrou diferença estatisticamente significativa em S8, mas sua variação média foi menor do que 1 mm (menor do que 1%).

As aferições (ângulos e medidas) que descrevem a posição da falange distal (FD) em relação ao estojo córneo, de acordo com Kummer *et al.* (2006), estão marcadas com dois asteriscos (**). Todas estas medidas diferiram estatisticamente entre as sessões.

As diferenças entre os membros foram avaliadas em cada sessão para todas as variáveis e estão demarcadas com um asterisco (*) ao lado do valor correspondente ao membro que demonstrou um resultado estatisticamente superior para cada tempo nas tabelas.

DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo que acompanhou o efeito do crescimento do casco após o ferrageamento em animais com altura na cernelha de ± 140 cm e demonstrou que a maioria das

alterações observadas se comporta de maneira semelhante a populações de cavalos mais altos. Mesmo após um intervalo de quatro semanas já há mudanças significativas no formato do casco que são refletidas pelas mensurações radiográficas, principalmente na região da pinça do casco. O crescimento do casco que ocorre no intervalo de tempo transcorrido entre duas sessões de ferrageamento é um fator importante na conformação dos cascos dos equinos. Esta afirmação, mesmo que seja aceita empiricamente há muitos anos, somente mais recentemente passou a ser melhor investigada (MOLEMAN *et al.*, 2006).

Na projeção LM, o CPD aumenta em média 0,4 cm na S4 e 1,1 cm na S8 (equivalente a 13% de aumento em relação ao momento do casqueamento). Este valor é ligeiramente superior ao descrito por Kummer *et al.* (2006) que encontraram um aumento médio no CPD de 1 cm após um intervalo de oito a dez semanas, e maior ao encontrado por Lesniak *et al.* (2017) após um período de quatro a seis semanas ($0,25 \pm 0,97$ cm). Essa discrepância não era esperada já que no trabalho de Lesniak *et al.* (2017) foram utilizados cavalos de escola de montaria com média de altura na cernelha de 157 cm e no de Kummer *et al.* (2006) os animais eram de hipismo com 168 cm de altura média.

A posição da FD dentro do estojo córneo foi afetada pelo crescimento do casco e traduzida pelo aumento médio de 0,7 cm da DFDS (58%), pelo acréscimo de 0,8 cm da DFDP (35%) e, também, por um incremento médio de 1,1 cm da DFDBo (33%) na semana oito. A DFDCd foi significativamente superior na S8 em comparação com a primeira semana, o que pode ser explicado pelo groseamento realizado na parede do casco no momento do casqueamento. Os parâmetros angulares refletem estas mudanças também: o AC diminui em torno de 3° e o AFD diminui cerca de 2° (na S8). Estas diferenças foram estatisticamente significativas já nas quatro semanas após o ferrageamento. Em comparação com os resultados obtidos por Kummer *et al.* (2006), os valores absolutos observados na oitava semana foram bastante similares, entretanto, percentualmente, encontrou-se valores maiores neste experimento, demonstrando que proporcionalmente o crescimento do tecido córneo da população estudada foi maior, fato que pode estar relacionado à raça utilizada no trabalho.

O constante desgaste que ocorre na região palmar do casco, em virtude da biomecânica do dígito, faz com que o crescimento do casco se expresse principalmente na região da pinça. O momento do casqueamento é portanto, uma oportunidade ideal para influenciar a conformação podal e eixo quartela-casco, principalmente nesta região. (KUMMER *et al.*, 2006). Como visto nos resultados, quanto maior o tempo transcorrido após o ferrageamento maior o crescimento da região e portanto, maiores os efeitos que esta conformação acarreta e

mais drásticas as mudanças no dia do casqueamento. Os parâmetros que mais refletem esta tendência (SP, DFDBo, DFDP, AC) foram todos estatisticamente significativos já na S4.

Segundo Craig *et al.* (2005), o valor médio do suporte da pinça (SP) em cavalos normais é de $67,06 \pm 5,41\%$ (n=131) entretanto, os autores não informam em que momento esta medida foi tomada. O valor médio inicial encontrado neste estudo foi de 62,9% com um incremento médio após as primeiras quatro semanas de 4,8% e entre a S4 e S8 em torno de 2,4%, indicando que o casco possui uma tendência de crescimento/deslocamento cranial que se expressa de maneira mais acentuada no primeiro mês após o casqueamento neste parâmetro especificamente. Kummer *et al.* (2006) observaram um aumento de 4-5 % da SP entre oito a dez semanas em cavalos *warmblood*, valor menor ao encontrado neste estudo. De acordo com alguns autores, um maior valor de SP reflete em uma maior capacidade de dissipação da força de reação do solo e, portanto, seria vantajoso (DÖRNER *et al.*, 2017).

O ponto de *breakover* (ou de rotação) é a porção mais dorsal do casco (ou da ferradura) que está em contato com o solo na fase de apoio e a última parte do dígito a deixar o chão na fase caudal do passo. Quanto maior a distância do *breakover* (distância entre o ápice da FD e o ponto de rotação da ferradura) maior será a tensão nas lâminas do casco (REDEN, 2003), e maior a tensão no TFDP e no osso navicular (PAGE; HAGEN, 2002). Em cavalos ferrageados, o aumento da DFDBo, que ocorre ao longo do tempo, pode ser levemente relativizado pelo desgaste que ocorre na região frontal da ferradura, provocando um deslocamento do *breakover* em direção palmar (van HELL *et al.*, 2005); entretanto, como os animais utilizados neste estudo não estavam em regime de exercícios regulares, o que se observou foi um desgaste muito discreto das ferraduras e uma manutenção praticamente linear do aumento da DFDBo assim como da DFDP entre as sessões. Supõe-se que se os animais estivessem em rotina esportiva, o aumento do DFDBo pudesse ser, em parte, limitado (ao menos na S8).

O aumento concomitante da DFDBo e do SP se traduz em um distanciamento do centro de rotação da AID à pinça do casco, resultando em aumento do braço do momento extensor, condição que deve ser equilibrada pelo momento flexor através de mais tensão sobre o TFDP e, por consequência, no navicular (PAGE; HAGEN, 2002).

O crescimento mais acentuado da região da pinça do casco se reflete de maneira mais discreta nas medidas angulares. O AC diminui em torno de $3,3^\circ$, valor muito semelhante ao encontrado por outros autores (KUMMER *et al.*, 2006; MOLEMAN *et al.*, 2006; Van HELL *et al.*, 2005), após oito semanas, e por Lesniak *et al.* (2017) ($2,2^\circ$ após quatro a seis semanas), mas que utilizaram fotografias digitais para a avaliação. Segundo estes mesmos autores, a distribuição das forças no casco é relacionada ao AC e, portanto, ângulos mais agudos

representam uma carga maior na região palmar do casco. Por consequência, períodos maiores entre os casqueamentos que resultem em diminuição acentuada do AC podem provocar um enfraquecimento e um colapso dos talões e amplificar a carga e a tensão sobre o TFDS, sobre o TFDP, sobre o ligamento acessório inferior e o ligamento suspensório, aumentando a possibilidade de lesões (O'GRADY; POUPARD, 2003). Dyson *et al.* (2011a) observaram em um estudo retrospectivo que, apesar de não haver diferença estatística, os animais com lesões no aparato podotroclear e no TFDP possuíam ângulos de casco menores comparados aos outros grupos analisados. A diminuição do AC neste estudo foi, entretanto, discreta. O AFD também reduziu entre as sessões e, embora seja estatisticamente significativo, os valores são menores que os encontrados no AC (diminuição de 2° na S8), valor igual ao encontrado por Kummer *et al.* (2006).

O valor médio inicial do ângulo palmar (AP) na semana zero, ao redor de 2,4° está dentro do citado por Parks (2003) de 2 a 10°, mas diferente do que Thieme *et al.* (2015) descreveram (média de 6° para uma população de pôneis) e Kummer *et al.* (2006) (5,4° para cavalos *warmblood*), ambos mensurados logo após o casqueamento. A diminuição do AP foi sutil em valores absolutos, em média uma redução de 0,8° na S8, valor menor ao encontrado por Kummer (1,4 a 1,9°) após oito/dez semanas. A diferença entre estes resultados pode ser um reflexo de uma maior integridade dos talões da população deste trabalho ou podem sugerir que o efeito do tempo sobre esta medida seja menos importante em cavalos com o AP menor na S0. Segundo Eliashar *et al.* (2004) para cada grau de redução do AP, há aumento de 4% na pressão exercida pelo TFDP sobre o navicular, o que demonstra que o efeito da redução deste parâmetro na população estudada é pequeno.

Os ângulos articulares também sofreram influência entre as sessões. A principal alteração observada foi uma extensão da AID (+ 3°) e uma diminuição do ângulo que representa o eixo quartela-casco nas oito semanas (-1,9°) – nenhuma das medidas foi estatisticamente significativa na S4. O ângulo da AIP não se alterou entre as sessões, assim como em outros trabalhos (KUMMER *et al.*, 2006, MOLEMAN *et al.*, 2006). O aumento do AAID é similar ao encontrado por Kummer *et al.* (2006), mas no trabalho destes autores a diferença não foi significativa. Moleman *et al.* (2006) encontraram diferença estatística para o AAID após oito semanas, mas a medida cresceu em média 6,4°. Lesniak *et al.* (2017) avaliaram externamente (por fotografias) o eixo quartela-casco após quatro a seis semanas do casqueamento observando que neste período já há uma “quebra” do eixo para trás. As implicações de uma extensão da AID são significativas. Van Hell *et al.* (2005) determinaram que o cavalo consegue compensar, até certo ponto, o crescimento do casco ao deslocar palmarmente o centro da pressão, aferido

durante a fase média do apoio, após oito semanas do ferrageamento, quando comparada com animais recém casqueados. Apesar disso, como há uma extensão da AID, o centro de rotação articular também é deslocado palmarmente, resultando em um aumento do braço do momento extensor. A magnitude do aumento do momento extensor chega a 18,4% em animais com eixo quartela-casco quebrado e 16% em animais bem alinhados (MOLEMAN *et al.*, 2006). Estes mesmos autores sugerem que mecanismos compensatórios que ocorrem devido ao crescimento do casco durante o intervalo entre ferrageamentos atuam principalmente na AID, resultando em um aumento da carga nesta articulação. Além disso, dada a anatomia da região, as estruturas morfológicas mais afetadas pelo aumento do momento articular são o TFDP e o navicular, que são sobrecarregados para manter o equilíbrio dinâmico da região. Kummer *et al.* (2006) ainda destacam que os ângulos articulares são principalmente influenciados pelas cargas que atuam nas articulações interfalangeanas e que o efeito do casqueamento seria mínimo.

O comprimento do casco (CCa) aumentou 5 mm na S8. Este aumento somente foi estatisticamente significativo na oitava semana. Este resultado é semelhante ao encontrado por Kummer *et al.* (2006) (5 – 6 mm). Segundo este autor, no momento do casqueamento, tanto a pinça como os talões são aparados simultaneamente, portanto o casco se expande em direção palmar, compensando a área maior retirada na porção dorsal do casco.

A profundidade da sola (PS) teve um aumento de 5 mm na semana oito. Este resultado contrasta com o observado por Kummer *et al.* (2006) que encontraram apenas 2 mm. Mais uma vez, esta diferença demonstra um crescimento do tecido córneo mais expressiva na população do corrente estudo. Entretanto, acredita-se que a profundidade da sola seja limitada pelo esfoliação natural que ocorre com o contato com o solo que não é protegido pela ferradura (KUMMER *et al.*, 2006). Podemos supor que os resultados contrastantes entre os estudos se devem principalmente a falta de exercícios físicos regulares e, supostamente pelo peso das populações. Cavalos mais pesados tendem a ter maior afundamento do casco em pisos arenosos levando a um maior atrito com o solo e desgaste.

A distância da banda coronária ao processo extensor (DA) variou significativamente em S0. Apesar de ser uma medida que, normalmente, não se altera ao longo do tempo em um cavalo sadio, a variação encontrada pode ser explicada pela colocação do marcador radiopaco em posições milimetricamente diferentes entre as sessões, e que no final alterou o resultado. A diferença média encontrada foi de 1 mm, e, portanto pode ser desconsiderada.

Na projeção DP, todas as doze mensurações diferiram estatisticamente entre as sessões. Apenas quatro medidas não diferiram na semana quatro (DFDCL, DFDCM, ACoM e LCo). As paredes medial e lateral aumentam em média 6 mm, assim como a largura do casco (S8). Estas

medidas são bastante próximas às descritas para cavalos *warmblood* após oito a dez semanas. Para Kummer *et al.* (2006), este crescimento observado é aquele que acaba por encobrir a “sobra” da ferradura que é deixada propositalmente no momento do ferrageamento para que o casco possa crescer e se expandir. As medidas que representam a posição da FD em relação ao estojo córneo (DFDSL e DFDSM) foram as que mais variaram percentualmente, apresentando um aumento maior entre S0 e S4. As mensurações realizadas na porção lateral do casco foram ligeiramente superiores às do lado medial, representando um discreto deslocamento ventral da FD medialmente, dados similares aos encontrados por Thieme *et al.* (2015). Lesniak *et al.* (2017) avaliaram as medidas externas e também encontraram uma diferença em cerca de 80% dos animais possuindo as paredes laterais do casco maiores em relação às mediais. O autor lembra que o equilíbrio médio-lateral do casco deve ser alcançado aparando a sola do casco em plano paralelo ao solo e com o casco em equilíbrio com a coluna óssea, ao contrário de tentar se obter paredes de comprimento similares. O equilíbrio médio-lateral é fundamental para uma recepção simétrica do casco na fase de impacto, mas o exame externo do casco, muitas vezes, é insuficiente para avaliar as estruturas ósseas internas (KUMMER *et al.*, 2006). As medidas angulares variaram muito discretamente entre as sessões (variação máxima de 1,1°) sendo que o ACL foi maior ao descrito por outros autores (LESNIAK *et al.*, 2017; KUMMER *et al.*, 2006), mas semelhante ao observado em pôneis (THIEME *et al.*, 2015) evidenciando que as populações de cavalos com menor altura na cernelha possuem paredes de casco menos inclinadas lateralmente.

Na projeção LM, o comprimento da falange média que é um parâmetro invariável aferido que não sofre influência do casqueamento e não se altera em cavalos adultos, não diferiu estatisticamente entre as sessões, assim como esperado. A alta reprodutibilidade desta mensuração confirma a acurácia da técnica radiográfica e do programa computacional utilizados que foram descritos anteriormente por Tacchio *et al.* (2002) e Kummer *et al.* (2004) e validados por Vargas *et al.* (2004) e Pauwles *et al.* (2017). Para verificar a acurácia das mensurações da projeção DP, o comprimento da parede do casco foi comparada com a altura na coroa do lado ipsilateral (lateral e medial). A correlação de ambas foi significativamente alta (CPL:ACL $p < 0,0001$; $r > 0,91$ /CPM:ACM $p < 0,0001$; $r > 0,92$).

A comparação entre os membros demonstrou que existe uma pequena diferença para a maioria das mensurações entre os membros em cada sessão. Na S0, 22 parâmetros possuem diferença significativa entre o direito e o esquerdo, mas este número cai para 19 na S4 e para 16 em S8. Estes resultados sugerem que, ao longo do tempo, o crescimento do casco torna menos significativa as diferenças que naturalmente existem entre os membros. O anterior

direito manteve valores significativamente superiores nas três sessões em relação às variáveis DFDSL, LC e LCo nas projeções DP e AC, AFD na projeção LM; enquanto que o esquerdo foi maior em todas sessões no SP e no AeQC. Perroux (2002) afirma que 72% dos cavalos com mais de 165 cm de altura possuem os membros anteriores assimétricos, sendo que o membro esquerdo cresce mais na região da pinça e enquanto que o direito mais nos talões, achado bastante próximo ao presente estudo. O autor salienta que esta assimetria possa ser relacionada ao posicionamento uterino e exacerbada durante a vida adulta pelo fato de que o casco mais espalmado fica apoiado a frente do membro oposto quando em repouso. Kummer *et al.* (2006) ressaltam que esta diferença significativa, similar a encontrada em seu estudo, poderia ser relacionada a ocorrência de lesões.

Existem alguns autores que se propuseram a determinar um padrão para as mensurações radiográficas e que poderiam ser comparadas com este estudo (TURNER, 1992; THIEME *et al.*, 2015; DAU *et al.*, 2015; DÖRNER *et al.*, 2017). Entretanto, as diferenças entre as populações quanto a raça, a ocupação, a altura, o peso, o ambiente, o tipo de ferrageamento, etc. não permitem uma comparação acurada. O principal objetivo deste trabalho foi descrever as mudanças relacionadas ao tempo e não definir valores de referência, tendo sido o primeiro trabalho a avaliar o efeito do crescimento do casco em uma população de cavalos com altura na cernelha ao redor de 140 cm. Logo, optou-se por contrastar nossos dados com trabalhos que também se propuseram a descrever o comportamento ao longo do tempo (van HELL *et al.*, 2005; KUMMER *et al.*, 2006, MOLEMAN *et al.*, 2006; LESNIAK *et al.*, 2017). Esta pesquisa foi, também, a primeira a realizar aferições radiográficas após apenas quatro semanas do casqueamento. Nossos resultados demonstram a importância de avaliar diferentes períodos de tempo, haja vista o efeito estatístico encontrado neste intervalo.

A raça Crioula carece de estudos biométricos que possam ser comparados a esta pesquisa. Recentemente, foi publicada uma pesquisa que relatou as mudanças morfométricas de alguns parâmetros externos que ocorrem em potros desde o nascimento até o desmame (de SOUZA *et al.*, 2017); outra publicação descreveu algumas medidas externas (realizadas através de paquímetros e anguladores de casco) e internas (por radiografias: AP, DFDBo e PS) para cavalos de laço (DAU *et al.*, 2015). Entretanto, os autores realizaram as aferições radiográficas através de um paquímetro, sem especificar em que momento as medidas foram tomadas e com os animais ferrados por diferentes profissionais, dificultando a análise criteriosa e a comparação dos dados.

Sabe-se que o crescimento do casco do equino ao longo do tempo é compensado por alterações na cinemática e na biomecânica (RIEMERSMA *et al.*, 1996). Entretanto, para Van

Hell *et al.* (2005), após o período de oito semanas, é muito difícil para o cavalo conseguir neutralizar as mudanças abruptas que ocorrem no casqueamento - e com o uso de novas ferraduras - que acarretam uma mudança drástica na conformação do casco. Além disso, a diminuição do intervalo entre ferrageamentos é preconizada para reduzir o efeito cumulativo da sobrecarga nas estruturas anatômicas relacionadas ao casco, reduzindo assim um fator de risco para lesões a longo prazo (LESNIAK *et al.*, 2017).

O conhecimento acerca da influência das práticas de ferrageamento e dos mecanismos compensatórios promovidos pela intervenção no casco é essencial para a criação de uma base científica sólida e para o desenvolvimento de técnicas de intervenção que possibilitem a redução da incidência de lesões e o aumento da performance (Van HELL *et al.*, 2005). Nas condições e no grupo experimental em que foi realizada a pesquisa conclui-se que a partir de quatro semanas após o casqueamento é possível identificar alterações nas mensurações de estruturas internas do casco. Não é possível determinar qual o intervalo ideal, mas, baseados em nossos achados é possível afirmar que quanto mais próximo às quatro semanas, maiores as chances de não haver influência sobre o AAID e, também, menor será o tempo que o dígito permanecerá sobre influência das alterações estatisticamente significativas da região da pinça do casco, já observadas neste período. Por fim, é importante frisar que cada cavalo deve ser avaliado e manipulado individualmente de forma que tenha sua integridade preservada e possa expressar todo o seu potencial.

LIMITAÇÕES

O presente estudo possui aplicações práticas entretanto, suas conclusões devem levar em conta que o crescimento do casco é afetado por inúmeros fatores (raça, idade, peso, altura, fatores nutricionais, esporte, ambiente, claudicação, casqueamento, qualidade do casco, etc). Portanto, a interpretação deve ser feita com cautela. Embora todos os esforços tenham sido feitos para que o posicionamento do membro e do casco fosse o mais adequado - com o intuito de evitar desvios rotacionais -, sempre existe a possibilidade de que as medidas aferidas tenham algum grau de desvio. Todos os animais utilizados no trabalho foram casqueados pelo mesmo operador, o que significa que o comportamento de algumas mensurações pode ter sido influenciado pela técnica utilizada. Sugere-se novos estudos com a realização das mensurações nos membros pélvicos a fim de comparar com os membros torácicos, assim como o emprego de diferentes técnicas de ferrageamento, de outros profissionais e de uma população de cavalos que permaneçam em diferentes ambientes e sejam submetidos a exercícios físicos regulares.

CONCLUSÕES

Este estudo concluiu que as principais alterações observadas nas mensurações radiográficas do dígito decorrentes do crescimento do casco que ocorre após o casqueamento/ferrageamento são expressas, principalmente, nos parâmetros avaliados na região da pinça do casco. Estas mudanças são refletidas por uma diminuição do ângulo do casco e uma extensão da AID o que, por sua vez, aumentam a pressão exercida sobre a região palmar do dígito. As alterações encontradas na maioria das mensurações radiográficas, após um período de oito semanas do casqueamento, também podem ser observadas nas quatro semanas após a intervenção. A principal diferença encontrada neste trabalho para outros realizados em populações de cavalos de raças mais altas foi de que há um crescimento do tecido córneo proporcionalmente maior na população deste estudo.

Para diminuir os efeitos cumulativos da sobrecarga no dígito e as mudanças abruptas e drásticas que ocorrem quando o casco é aparado em intervalos prolongados, conclui-se que reduzir o tempo entre os ferrageamentos, para um período próximo às quatro semanas, deve ser recomendado.

Tabela 1: Estatística descritiva para a projeção DP.

PARÂMETRO	S0		S4		S8		P	DIFERENÇA S0 - S4		DIFERENÇA S4 - S8		DIFERENÇA S0 - S8	
	MÉDIA GERAL ± DP		MÉDIA GERAL ± DP		MÉDIA GERAL ± DP			valor	%	valor	%	valor	%
	AD ± DP	AE ± DP	AD ± DP	AE ± DP	AD ± DP	AE ± DP							
DFDSL (cm)**	1,6 ± 0,2 ^a		1,9 ± 0,2 ^b		2,1 ± 0,3 ^c		<0.0001	0,3	19%	0,2	12%	0,5	31%
	1,7 ± 0,3*	1,5 ± 0,2	2,0 ± 0,2*	1,9 ± 0,1	2,2 ± 0,3*	2,0 ± 0,2							
DFDSM (cm)**	1,5 ± 0,2 ^a		1,8 ± 0,2 ^b		2,0 ± 0,3 ^c		<0.0001	0,3	20%	0,2	13%	0,5	33%
	1,5 ± 0,2*	1,4 ± 0,2	1,9 ± 0,2*	1,8 ± 0,2	2,0 ± 0,3	2,0 ± 0,2							
DFDCL (cm)	1,6 ± 0,1 ^a		1,6 ± 0,2 ^a		1,7 ± 0,1 ^b		<0.0001	0	0%	0,1	6%	0,1	6%
	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,1*	1,6 ± 0,1							
DFDCM (cm)	1,6 ± 0,1		1,6 ± 0,1		1,6 ± 0,1		<0.0001	0	0%	0	0%	0	0%
	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1							
CPL (cm)	6 ± 0,4 ^a		6,3 ± 0,4 ^b		6,6 ± 0,3 ^b		<0.0001	0,3	5%	0,3	5%	0,6	10%
	5,8 ± 0,3	6,2 ± 0,4	6,3 ± 0,4	6,4 ± 0,4*	6,6 ± 0,2	6,5 ± 0,4							
CPM (cm)	5,8 ± 0,4 ^a		6,1 ± 0,3 ^b		6,4 ± 0,3 ^c		<0.0001	0,3	5%	0,3	5%	0,6	10%
	5,8 ± 0,3	5,9 ± 0,4*	6,1 ± 0,4	6,1 ± 0,2*	6,5 ± 0,2	6,3 ± 0,4							
ACoL (cm)	5,9 ± 0,4 ^a		6,2 ± 0,4 ^b		6,4 ± 0,3 ^b		<0.0001	0,3	5%	0,2	3%	0,5	8%
	5,8 ± 0,3	6,0 ± 0,4	6,1 ± 0,4	6,3 ± 0,3	6,5 ± 0,2*	6,3 ± 0,4							
ACoM (cm)	5,8 ± 0,4 ^a		6,1 ± 0,3 ^a		6,3 ± 0,3 ^b		<0.0001	0,3	5%	0,2	3%	0,5	8%
	5,7 ± 0,4	5,8 ± 0,4*	6,1 ± 0,4	6,1 ± 0,2	6,4 ± 0,3	6,2 ± 0,4							
LC (cm)	12,2 ± 0,7		12,4 ± 0,6		12,8 ± 0,7		<0.0001	0,2	2%	0,4	4%	0,6	6%
	12,3 ± 0,7*	12,1 ± 0,6	12,4 ± 0,6*	12,4 ± 0,6	13 ± 0,7*	12,7 ± 0,7							
#LCo (cm)	9,7 ± 0,5 ^a		9,7 ± 0,5 ^a		9,8 ± 0,6 ^b		0.0036	0	0%	0,1	1%	0,1	1%
	9,8 ± 0,6*	9,6 ± 0,5	9,8 ± 0,6*	9,6 ± 0,5	9,9 ± 0,6*	9,6 ± 0,5							
ACL (°)	76,9 ± 3,2		78,0 ± 3,6		77,5 ± 2,9		<0.0001	1,1	1,5%	-0,5	-0,5%	0,6	0,5%
	78,5 ± 3,3*	75,4 ± 2,3	79,1 ± 3,2*	77,0 ± 3,6	78,3 ± 3,1*	76,8 ± 2,5							
ACM (°)	77,5 ± 2,8		77,2 ± 2,3		77,0 ± 2,6		<0.0001	-0,3	-0,5%	-0,2	-0,2%	-0,5	-0,6%
	77 ± 2,6	78,0 ± 2,9	77,3 ± 2,3	77,2 ± 2,3	76,4 ± 2,6	77,7 ± 2,5*							

Letras diferentes significam diferença estatística entre as sessões (P<0,05). **parâmetros que descrevem a posição da falange distal em relação ao estojo córneo. # parâmetro invariável. *significativamente superior (p<0,05) ao membro oposto por sessão. Abreviações: LCo, largura da coroa; LC, largura do casco; CPL, comprimento da parede lateral; CPM, comprimento da parede medial; ACoL, altura da coroa lateral; ACoM, altura da coroa medial; DFDCL, distância da falange distal ao casco lateral; DFDCM, distância da falange distal ao casco medial; DFDSL, distância da falange distal ao solo lateral; DFDSM, distância da falange distal ao solo medial; ACL, ângulo do casco lateral; ACM, ângulo do casco medial.

Tabela 2: Estatística descritiva para a projeção LM.

PARÂMETRO	S0		S4		S8		P	DIFERENÇA S0 - S4		DIFERENÇA S4 - S8		DIFERENÇA S0 - S8	
	MÉDIA GERAL ± DP		MÉDIA GERAL ± DP		MÉDIA GERAL ± DP			valor	%	valor	%	valor	%
	AD ± DP	AE ± DP	AD ± DP	AE ± DP	AD ± DP	AE ± DP							
AC (°)	51,2 ± 2,2 ^a		49,5 ± 2,2 ^b		47,9 ± 2,1 ^c		<0.0001	-1,7	-3%	-1,6	-3%	-3,3	-6%
	51,9 ± 2,4*	50,5 ± 1,9	49,9 ± 2,3*	49,0 ± 2,2	48,3 ± 2,1*	47,4 ± 2							
AFD (°)	48,4 ± 2,4 ^a		47,4 ± 2,6 ^b		46,5 ± 2,6 ^c		<0.0001	-1	-2%	-0,9	-2%	-1,9	-4%
	48,8 ± 2,4*	48,0 ± 2,3	47,9 ± 2,5*	47,0 ± 2,7	47,0 ± 2,5*	46,0 ± 2,7							
AP (°)**	2,4 ± 1,4 ^a		2,0 ± 1,6 ^b		1,6 ± 1,1 ^b		<0.0001	-0,4	-17%	-0,4	-17%	-0,8	-34%
	2,6 ± 1,5*	2,2 ± 1,3	2,0 ± 1,6	2,0 ± 1,8	1,6 ± 1,2	1,7 ± 1							
AAIP (°)	6,1 ± 2,9		6,3 ± 3,7		6,0 ± 3,5		0.0010	0,2	3%	-0,3	-5%	-0,1	-2%
	4,9 ± 2,8	7,3 ± 2,5	5,2 ± 3,4	7,3 ± 3,8	4,7 ± 3,1	7,2 ± 3,6							
AAID (°)	11,0 ± 5 ^a		12,1 ± 5,1 ^{ab}		14,0 ± 3,7 ^b		<0.0001	1,1	10%	1,9	17%	3	27%
	11,4 ± 4,9*	10,7 ± 5,4	11,6 ± 5,6	12,6 ± 4,7*	14,2 ± 3,9	13,8 ± 3,6							
AeQC (°)	166,3 ± 3,6 ^a		166,1 ± 3,2 ^a		164,4 ± 3,8 ^b		<0.0001	-0,2	-0,1%	-1,7	-1%	-1,9	-1%
	166,1 ± 3,6	166,5 ± 3,8*	165,9 ± 3,3	166,2 ± 3,3*	163,7 ± 4,5	165,2 ± 3,1*							
DA (cm)**	0,9 ± 0,2 ^a		1,0 ± 0,1 ^b		1,0 ± 0,2 ^b		0.0010	0,1	10%	0	0%	0,1	10%
	0,9 ± 0,2	0,8 ± 0,2	1,0 ± 0,2*	0,9 ± 0,2	1,0 ± 0,2	0,9 ± 0,2							
#DFDCp (cm)	1,7 ± 0,1		1,7 ± 0,2		1,8 ± 0,2		X	0	0%	0,1	6%	0,1	6%
	1,7 ± 0,1*	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2							
DFDCd (cm)**	1,6 ± 0,1 ^a		1,6 ± 0,2 ^{ab}		1,7 ± 0,1 ^b		<0.0001	0	0%	0,1	6%	0,1	6%
	1,6 ± 0,2*	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,2*	1,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1*							
DFDS (cm)**	1,2 ± 0,2 ^a		1,6 ± 0,3 ^b		1,9 ± 0,2 ^c		<0.0001	0,4	33%	0,3	25%	0,7	58%
	1,2 ± 0,1*	1,2 ± 0,2	1,5 ± 0,4	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,2*							
PS (cm)**	1,0 ± 0,1 ^a		1,3 ± 0,1 ^b		1,5 ± 0,1 ^c		<0.0001	0,3	30%	0,2	20%	0,5	50%
	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,1*	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,1*	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,1*							
DFDP (cm)**	2,3 ± 0,3 ^a		2,6 ± 0,5 ^b		3,1 ± 0,4 ^c		<0.0001	0,3	13%	0,5	22%	0,8	35%
	2,3 ± 0,3*	2,2 ± 0,4	2,5 ± 0,7	2,8 ± 0,5*	3,1 ± 0,4	3,1 ± 0,4							
DFDBo (cm)**	3,3 ± 0,3 ^a		3,9 ± 0,3 ^b		4,4 ± 0,3 ^c		<0.0001	0,6	18%	0,5	15%	1,1	33%
	3,3 ± 0,3	3,3 ± 0,3*	3,9 ± 0,3	4 ± 0,3	4,4 ± 0,3	4,4 ± 0,4							
CPD (cm)	8,3 ± 0,5 ^a		8,7 ± 0,4 ^b		9,4 ± 0,4 ^c		<0.0001	0,4	5%	0,7	8%	1,1	13%
	8,3 ± 0,5*	8,2 ± 0,5	8,7 ± 0,4	8,7 ± 0,4*	9,4 ± 0,4	9,4 ± 0,5*							
CCo (cm)	10,5 ± 0,5 ^a		10,4 ± 0,4 ^a		10,6 ± 0,5 ^b		<0.0001	-0,1	1%	0,2	2%	0,1	1%
	10,6 ± 0,6*	10,4 ± 0,5	10,5 ± 0,4*	10,4 ± 0,5	10,6 ± 0,5	10,6 ± 0,5							
CCa (cm)	12,0 ± 0,5 ^a		12,0 ± 0,5 ^a		12,5 ± 0,6 ^b		<0.0001	0	0%	0,5	4%	0,5	4%
	12,0 ± 0,5*	11,9 ± 0,6	11,9 ± 0,6	12,0 ± 0,5*	12,5 ± 0,7	12,4 ± 0,6							
#CFM (cm)	3,9 ± 0,1		3,9 ± 0,3		3,9 ± 0,1		X	0	0%	0	0%	0	0%
	3,9 ± 0,1	3,9 ± 0,1	3,9 ± 0,1	3,9 ± 0,4	3,9 ± 0,1*	3,9 ± 0,1							
SP (%)	62,9 ± 3,1 ^a		67,7 ± 3,3 ^b		70,1 ± 2,9 ^c		<0.0001	4,8	8%	2,4	4%	7,2	12%
	62,2 ± 2,5	63,6 ± 3,7*	67,2 ± 3,4	68,2 ± 3,4*	69,7 ± 2,7	70,4 ± 3,2*							

Letras diferentes significam diferença estatística entre as sessões $P < 0,05$ ($X = P > 0,05$). **parâmetros que descrevem a posição da falange distal em relação ao estojo córneo. # parâmetro invariável. *significativamente superior ($P < 0,05$) ao membro oposto por sessão. Abreviações: CCo, comprimento da coroa; DA, distância de afundamento; CFM, comprimento da falange média; DFDCp, distância da falange distal ao casco proximal; DFDCd, distância da falange distal ao casco distal; CPD, comprimento da parede dorsal do casco; PS, profundidade da sola; DFDS, distância da falange distal ao solo; DFDP, distância da falange distal a pinça; DFDBo, distância da falange distal ao *breakover*; CCa, comprimento do casco; SP, suporte da pinça; AAIP, ângulo da articulação interfalângica proximal; AAID, ângulo da articulação interfalângica distal; AeQC, ângulo do eixo quartela-casco; AP, ângulo palmar; AFD, ângulo da falange distal; AC, ângulo do casco.

REFERÊNCIAS

- CALDWELL, M. N. et al. A test of the universal applicability of a commonly used principle of hoof balance. **The Veterinary Journal**, v. 207, p. 169-176, 2016.
- CRAIG J.J. et al. Locating Rotation Centers of the Equine Digit and their Use in Quantifying Conformation. **Artigo 2005**. Disponível em <<https://www.epona-institute.org/locating-centers-2003>> Acesso em 07/11/2017.
- DAU, S. L. et al. Equilíbrio podal de cavalos crioulos de laço no Norte do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 37, p. 366-370, 2015.
- DÖRNER, C.; FUEYO, P.; OLAVE, R. Relationship between the Distal Phalanx Angle and Radiographic Changes in the Navicular Bone of Horses: A Radiological Study. **Global Journal of Medical Research: G Veterinary Science and Veterinary Medicine**, v. 17, p. 7, 2017
- DUCRO, B.J. Influence of foot conformation on duration of competitive life in a Dutch Warmblood horse population. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, p. 144–148, 2009.
- DYSON, S.J. et al. An investigation of the relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx. **Equine Veterinary Journal**, v. 43, p. 295-301, 2011a.
- ELIASHAR, E.; McGUIGAN, M.P.; WILSON, A.M. Relationship of foot conformation and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. **Equine Veterinary Journal**, v. 36, p. 431–435, 2004.
- KUMMER, M. et al. Evaluation of a standardised radiographic technique of the equine hoof. **Schweizer Archiv für Tierheilkunde**, v. 11, p. 507–514, 2004.
- KUMMER, M. et al. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses. **The Veterinary Journal**, v. 172, p. 58-66, 2006.
- KUMMER, M. et al. Comparison of the trimming procedure of six different farriers by quantitative evaluation of hoof radiographs. **The Veterinary Journal**, v. 179, p. 401-406, 2009.
- LESNIAK, K. et al. Does a 4–6Week Shoeing Interval Promote Optimal Foot Balance in the Working Equine? **Animals**, v. 7, p. 14, 2017
- MOLEMAN, M. et al. Accuracy of hoof angle measurement devices in comparison with digitally analysed radiographs. **Equine Veterinary Education**, v. 17, p. 319 – 322, 2005.
- MOLEMAN, M. et al. Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase of the moment about the distal, but not the proximal, interphalangeal joint. **Equine Veterinary Journal**. v. 38, p. 170 – 174, 2006.
- MOYER, W.; CARTER, K. Diagnostic evaluation of the equine foot. In FLOYD, A.; MANSMANN, R.A. **Equine Podiatry**. Saint Louis: Saunders, cap. 8, p. 112-127, 2007.

O'GRADY, S.E., POUPARD, D.A. Proper physiologic horseshoeing. **The Veterinary Clinics**, v. 19, p. 333 - 351, 2003.

PAGE, B.T.; HAGEN, T.L. Breakover of the hoof and its effect on structures and forces within the hoof. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 22, n. 6, p. 258 - 264, 2002.

PANAGIOTOPOULOU, O. et al. A preliminary case study of the effect of shoe-wearing on the biomechanics of a horse's foot. **Peer J**, p. 25, 2016.

PARKS, A. Form and function of the equine digit. **The Veterinary Clinics**, v. 19, p. 285 - 307, 2003.

PAUWELS, F. E. et al. Radiographic Measurements of Hoof Balance are Significantly Influenced by a Horse's Stance. **Veterinary Radiology Ultrasound**, v. 58, p. 10-17, 2017.

PERREAUX, E. Observations of asymmetrical horses. **The Farrier**, v. 96, p. 10–24, 2002.

REDDEN, R.F. Clinical and Radiographic Examination of the Equine Foot. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Louisiana, v. 49, p. 169 – 185, 2003.

RIEMERSMA, D. J. et al. Influence of shoeing on ground reaction forces and tendon strains in the forelimbs of ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 28, p. 126-132, 1996.

ROCHA, J.V. et al. Evaluating the Measuring Software Package Metron-PX for Morphometric Description of Equine Hoof Radiographs. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 24, n. 8, p. 347-354, 2004.

SALA, A. Relevance of some measurements on radiographs for hoof balance evaluation in horse. **Lucrari Stiintifice Medicina Veterinara**, v. 42, p. 154-159, 2009.

de SOUZA, J. R. M. et al. Alterações morfológicas na capsula do casco em potros Crioulos do nascimento ao desmame. **Ciência Rural**, v. 47, p. 5, 2017.

TACCHIO, G. et al. A radiographic technique to assess the longitudinal balance in front hooves. **Equine Veterinary Journal**, sup. 34, p. 368-372, 2002.

THIEME, K.; EHRLE, A.; LISCHER, C. Radiographic measurements of the hooves of normal ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 206. p. 332-337, 2015.

TURNE, T. A. The use of hoof measurements for the objective assessment of hoof balance. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Orlando, p. 389–395, 1992.

Van HELL, M. C. V. et al. Changes in location of centre of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse. **Equine Veterinary Journal**. v. 37, p. 536-540, 2005.

VARGAS, J. V. et al. Evaluating the Measuring Software Package Metron-PX for Morphometric Description of Equine Hoof Radiographs. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 24, p. 347-354, 2004.

WILLEMEN, M., SAVELBERG, H.; BARNEVELD, A. The effect of orthopaedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 31, p. 25-30, 1999.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento das alterações relacionadas ao equilíbrio geométrico do dígito dos equinos é fundamental para uma compreensão mais aprofundada sobre os mecanismos fisiológicos e patológicos que atuam sobre a biomecânica dos equinos. O estudo destas características permite ao veterinário e ao ferrageador maior familiaridade e conhecimento técnico científico acerca das alterações relacionadas ao casco nesta espécie.

Apesar dos trabalhos desenvolvidos na área de podologia equina, muitos aspectos básicos acerca do tema ainda carecem de comprovação científica. Por exemplo, um período ideal entre os ferrageamentos ainda não foi totalmente elucidado, assim como o efeito biomecânico e cinético dos inúmeros formatos de ferraduras que existem disponíveis para o tratamento e manejo das mais variadas patologias.

Por fim, o conhecimento sobre a utilização de parâmetros objetivos na avaliação das radiografias de casco possibilita a interpretação e, conseqüentemente, a formulação de um plano prático para o casqueamento que tenha por objetivo final a correção de alterações morfológicas que poderiam, a curto ou longo prazo, causar lesões ou diminuir a performance dos animais.

5. REFERÊNCIAS

de ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P. Progresso científico em equideocultura na 1ª década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. SUPPL. 1, p. 119– 129, 2010.

BAYLY, W. Foreword. In HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. **Equine sports medicine and surgery**. Saint Louis: Saunders, p. 13-14, 2004.

BUTLER, L. A. **Clinical radiology of the horse**. 3. ed. Wiley-Blackwell, 2008, 748 p.

CALDWELL, M. N. An investigation into the use of hoof balance metrics to test the reliability of a commonly used foot trimming protocol and their association with biomechanics and pathologies of the equine digit. **Dissertação**, p. 198, 2017.

CALDWELL, M. N. et al. A test of the universal applicability of a commonly used principle of hoof balance. **The Veterinary Journal**, v. 207, p. 169-176, 2016.

CFMV – Conselho Federal de Medicina Veterinária. **Brasil tem o quarto maior rebanho equino do mundo, com 5,8 milhões de cabeça**. Notícia 16/03/2010. Disponível em: <http://www.cfmv.org.br/portal/noticia.php?cod=606>. Acesso em: 11 de out. de 2017.

CRAIG J. J., CRAIG M. F., WELTNER T. N. Quantifying conformation of the equine digit from lateromedial radiographs. In: 21° AESM Meeting Conference, **Proceedings**. Sacramento, p. 20-25, 2001.

CRAIG J.J. et al. **Locating Rotation Centers of the Equine Digit and their Use in Quantifying Conformation**. Artigo 2005. Disponível em <<https://www.epona-institute.org/locating-centers-2003>> Acesso em 07/11/2017.

DAVIES, H. M. S.; PHILIP, C. Gross anatomy of the equine digit. In FLOYD, A.; MANSMANN, R.A. **Equine Podiatry**. Saint Louis: Saunders, cap. 1, p. 1-24 , 2007

DENOIX, J. M. Functional Anatomy of the Equine Interphalangeal Joints. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Albuquerque, v. 45, p. 174-175, 1999.

DRUMOND, B. et al. Hoof capsule distortion and radiographic measurements of the front feet in Mangalarga Marchador horses subjected to athletic training. **Pferdeheilkunde**, v. 32, p. 110 – 118, 2016.

DYSON, S.J. et al. An investigation of the relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx. **Equine Veterinary Journal**, v. 43, p. 295-301, 2011a.

DYSON, S. J. et al. External characteristics of the lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses. **The Veterinary Journal**, v. 190, p. 364-371, 2011b.

EGGLESTON, R.B. Value of Quality Foot Radiographs and Their Impact on Practical Farriery. In: AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Anaheim, v. 58, p. 164-175, 2012.

ELIASHAR, E. The Biomechanics of the Equine Foot as it Pertains to Farriery. **Vet Clin Equine**. v. 28, p. 283-291, 2012.

ELIASHAR, E.; McGUIGAN, M.P.; WILSON, A.M. Relationship of foot conformation and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. **Equine Veterinary Journal**, v. 36, p. 431–435, 2004.

FILHO, N. P. **Larousse dos Cavalos**. 2. ed. Larousse do Brasil, p. 287, 2006.

FOOR, D. Balancing and shoeing the equine foot. In FLOYD, A.; MANSMANN, R.A. **Equine Podiatry**. Saint Louis: Saunders, cap. 21, p. 379-392, 2007.

HEALEY, P. **Evaluating for equilibrium of the equine foot**. Artigo 2012. Disponível em:
<http://www.balancedbreakover.com/Shoeing%20For%20Equilibrium%20of%20the%20Equine%20Foot.pdf>. Acesso em 10 de nov. de 2017.

HOLROYD, K., et al. Variation in foot conformation in lame horses with different foot lesions. **The Veterinary Journal**, v. 195, p. 361-365, 2013.

HOOD, D.M., TAYLOR, D., WAGNER, I.P. Effects of ground surface deformability, trimming, and shoeing on quasistatic hoof loading patterns in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 62, p. 895–900, 2001.

HUNT, R.J. Farriery for the Hoof with Low or Underrun Heels. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 28, p. 351-364, 2012.

JOHNSTON, C.; BACK, W. Hoof ground interaction: when biomechanical stimuli challenge the tissues of the distal limb. **Equine Veterinary Journal**, v. 38, 634–641, 2006.

KAINER, R. A.; FAILS, A. D. Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System. In BAXTER, G. M. **Adams and Stashak's Lameness in Horses**. Wiley-Blackwell, p. 30 - 115, 2011.

KANE, A.J. et al. Hoof size, shape, and balance as possible risk factors for catastrophic musculoskeletal injury of Thoroughbred racehorses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 59, p. 1545-1552, 1998.

KANEPS, A. J.; TURNER, T, A. Disease of the foot. In HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. **Equine sports medicine and surgery**. Saint Louis: Saunders, cap. 15, p. 260-288, 2004.

KUMMER, M. et al. Evaluation of a standardised radiographic technique of the equine hoof. **Schweizer Archiv für Tierheilkunde**, v. 11, p. 507–514, 2004.

KUMMER, M. et al. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses. **The Veterinary Journal**, v. 172, p. 58-66, 2006.

KUMMER, M. et al. Comparison of the trimming procedure of six different farriers by quantitative evaluation of hoof radiographs. **The Veterinary Journal**, v. 179, p. 401-406, 2009.

LESNIAK, K. et al. Does a 4–6Week Shoeing Interval Promote Optimal Foot Balance in the Working Equine? **Animals**, v. 7, p. 14, 2017

LITTLE, D; SCHRAMME, M.C. Diagnostic Imaging. In FLOYD, A.; MANSMANN, R.A. **Equine Podiatry**. Saint Louis: Saunders, cap. 10, p. 141-204, 2007.

MAGALHÃES de, J.F. Relação espacial entre a falange distal e o estojo córneo em equinos da raça campolina com e sem sinais de obesidade. **Dissertação**, p. 61, 2015.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalos**. Brasília/DF, 2016. 56 p.

MERRITT, J.; DAVLES. H.; PARKS. A. Digital Biomechanics Relevant to Laminitis. In BELKNAP. J. k.; GEOR. R. J. **Equine Laminitis**. Wiley-Blackwell, cap. 5, p. 39-47, 2016.

MOLEMAN, M. et al. Accuracy of hoof angle measurement devices in comparison with digitally analysed radiographs. **Equine Veterinary Education**, v. 17, p. 319 – 322, 2005.

MOLEMAN, M. et al. Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase of the moment about the distal, but not the proximal, interphalangeal joint. **Equine Veterinary Journal**. v. 38, p. 170 – 174, 2006.

MOYER, W.; CARTER, K. Diagnostic evaluation of the equine foot. In FLOYD, A.; MANSMANN, R.A. **Equine Podiatry**. Saint Louis: Saunders, cap. 8, p. 112-127, 2007.

O'GRADY, S.E. Guidelines for Trimming the Equine Foot: A Review. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Las Vegas, v. 55, p. 218 - 225, 2009.

O'GRADY, S.E., POUPARD, D.A. Physiological horseshoeing: an overview. **Equine Veterinary Education**, v. 13, p. 330–333, 2001.

O'GRADY, S.E., POUPARD, D.A. Proper physiologic horseshoeing. **The Veterinary Clinics**, v. 19, p. 333 - 351, 2003.

PAGE, B.T.; HAGEN, T.L. Breakover of the hoof and its effect on structures and forces within the hoof. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 22, n. 6, p. 258 - 264, 2002.

PANAGIOTOPOULOU, O. et al. A preliminary case study of the effect of shoe-wearing on the biomechanics of a horse's foot. **Peer J**, p. 25, 2016.

PARKS, A. Form and function of the equine digit. **The Veterinary Clinics**, v. 19, p. 285 - 307, 2003.

PARKS, A. Hoof Care Management of Horse with Displacement of Third Phalanx. In BELKNAP, J. k.; GEOR, R. J. **Equine Laminitis**. Wiley-Blackwell, cap. 41, p. 364-374, 2016.

PARKS, A. Structure and Function of the Equine Digit in Relation to Palmar Foot Pain. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Lexington, v. 54, p. 188-197, 2006.

PARKS, R.; NEWTON, R.; DYSON, S. Is there an association between clinical features, response to diagnostic analgesia and radiological findings in horses with a magnetic resonance imaging diagnosis of navicular disease or other injuries of the podotrochlear apparatus? **The Veterinary Journal**, v. 204, p. 40-46, 2015.

PAUWELS, F. E. et al. Radiographic Measurements of Hoof Balance are Significantly Influenced by a Horse's Stance. **Veterinary Radiology Ultrasound**, v. 58, p. 10-17, 2017.

POLLIT, C. C. An Autographic Study of Equine Hoof Growth. **Equine Veterinary Journal**, v. 22, p. 366-368. 1990.

POLLIT, C. C. **Equine Laminitis - Current Concepts**. Rural Industries Research and Development Corporation. 2008. 116p.

RAMSEY, G. Equine Hoof Biomechanics. **Dissertação**, p. 186, 2011.

REDDEN, R. F. Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for rational management. **Veterinary Clinics of North America Equine Practice**. v. 19, p. 443-462, 2003a.

REDDEN, R. F. Radiographic imaging of the equine foot. **The Veterinary Clinics**, v. 19, p. 379-392, 2003b.

REDDEN, R. F. Clinical and Radiographic Examination of the Equine Foot. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. **Proceedings**. Louisiana, v. 49, p. 169 – 185, 2003c.

ROCHA, J. V. et al. Evaluating the Measuring Software Package Metron-PX for Morphometric Description of Equine Hoof Radiographs. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 24, n. 8, p. 347-354, 2004.

SALA, A. Relevance of some measurements on radiographs for hoof balance evaluation in horse. **Lucrari Stiintifice Medicina Veterinara**, v. 42, p. 154-159, 2009.

TACCHIO, G. et al. A radiographic technique to assess the longitudinal balance in front hooves. **Equine Veterinary Journal**, sup. 34, p. 368-372, 2002.

THIEME, K.; EHRLE, A.; LISCHER, C. Radiographic measurements of the hooves of normal ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 206. p. 332-337, 2015.

Van HELL, M. C. V. et al. Changes in location of centre of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse. **Equine Veterinary Journal**. v. 37, p. 536-540, 2005.

VARGAS, J. V. et al. Evaluating the Measuring Software Package Metron-PX for Morphometric Description of Equine Hoof Radiographs. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 24, p. 347-354, 2004.

VIEIRA, É. R. Aspectos econômicos e sociais do complexo agronegócio cavalo no estado de Minas Gerais. **Dissertação**, p. 139, 2011.

WILLEMEN, M.; SAVELBERG, H.; BARNEVELD, A. The effect of orthopaedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 31, p. 25-30, 1999.