

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**



**Dissertação**

**Fechamento das fises falangeanas de potros da raça Crioula mantidos em  
sistema extensivo de criação**

**Amanda Azambuja da Silva Xavier**

Pelotas, 2019

**Amanda Azambuja da Silva Xavier**

**Fechamento das fises falangeanas de potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração: Produção Animal (com ênfase em zootecnia de equinos)

Orientador: Dr. Charles Ferreira Martins

Co-Orientadores: Dr. Leandro Américo Rafael

Dra. Anelise Marias Hammes Pimentel

Dr. Rogério Folha Bermudes

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

X3f Xavier, Amanda Azambuja da Silva

Fechamento das fises falangeanas de potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação / Amanda Azambuja da Silva Xavier ; Charles Ferreira Martins, orientador. — Pelotas, 2019.

67 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Cavalo. 2. Desenvolvimento ósseo. 3. Placa de crescimento. 4. Raio-x. I. Martins, Charles Ferreira, orient. II. Título.

CDD : 636.1

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Charles Ferreira Martins (Orientador)

Prof. Dr. Rogério Morcelles Dereti

Prof. Dr. Diego Moscarelli Pinto

Dr<sup>a</sup>. Lorena Alvariza Amaral dos Santos

Dr. Cláudio Alves Pimentel

“Não, eu não tenho jeito de campeão. Se eu fosse um cavalo de corrida, ninguém apostaria um centavo em mim. Mas eu corro e, curiosamente, sempre chego onde eu quero chegar.”

Augusto Branco

A minha família, por todo o carinho, apoio e principalmente pelo incentivo dessa paixão por cavalos.

DEDICO.

## Agradecimentos

Primeiramente à Deus, por me dar a oportunidade de viver mais essa vida junto à pessoas tão grandiosas, de tanta sabedoria e humildade, que formam a minha família.

Aos meus pais, por todo o carinho, dedicação e apoio. Por mostrarem sempre o lado positivo quando, algumas vezes, eu não conseguia enxergar. Por estarem sempre de prontidão para me auxiliar, em qualquer situação. Eu amo muito vocês.

Aos meus avós, Zilda e João Elano (*in memoriam*), por toda a atenção e amor que vocês me deram. Por todo o exemplo de vida e de superação. Por todo o incentivo pela criação de cavalos. Especialmente à minha avó: Eu espero algum dia ter ao menos um terço dessa tua garra e disposição. As minhas coletas de dados não seriam as mesmas se tu não estivesse ali do meu lado! Obrigado por todo teu carinho, eu te amo!

Ao meu esposo, Diogo, por me auxiliar em tudo, muitas vezes abdicando do seu tempo para viver o meu. Ser o meu braço direito e muitas vezes o esquerdo também. Todo teu apoio é fundamental para o nosso crescimento familiar e profissional! Que possamos continuar sonhando juntos por toda essa vida e pelas outras que ainda virão! Eu te amo!

Às minhas irmãs, sogros e amigos por todos os momentos de alegria e companheirismo. Ao meu compadre João Ricardo por toda a disponibilidade, pelas dicas e correções. Agradeço demais à vocês!

Ao Carlos e a Lorena, por todo o apoio, confiança e credibilidade profissional que têm me proporcionado, não tenho palavras pra agradecer tanto carinho. Continuarei sempre procurando dar o meu melhor em cada oportunidade. Muito obrigado!

As minhas colegas de mestrado, sem vocês a pós não teria graça alguma!

As propriedades que possibilitaram as coletas de dados, meu muito obrigado pela disponibilidade e auxílio nessa jornada!

Ao meu orientador e co-orientadores, por todo auxílio, disponibilidade e por acreditarem no meu potencial. Meu muito obrigado!

A CAPES, pelo auxílio financeiro;

Aos meus cavalos, por me fazerem seguir nesse caminho maravilhoso. “Escolha um trabalho que você ame e não terá de trabalhar um único dia de sua vida” (Confucio).

## Resumo

XAVIER, Amanda Azambuja da Silva. **Fechamento das fises falangeanas de potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação**. 2019. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Os objetivos da presente dissertação foram caracterizar o período de fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros da raça Crioula e se os mesmos apresentaram desequilíbrio médio-lateral de talões e/ou desvio compensatório da primeira falange. Para isso, foram utilizados potros da raça Crioula de quatro propriedades, apresentando idades entre um e 11 meses, de ambos os sexos e os resultados estão apresentados em dois artigos. No primeiro estudo, foram utilizados 71 potros submetidos a um estudo radiográfico das regiões distais do membro anterior esquerdo, compreendendo as placas de crescimento ósseo dos ossos metacarpiano terceiro, primeira e segunda falanges, onde as fises desses ossos classificadas como: abertas, parcialmente fechadas ou fechadas. Os dados foram submetidos às análises estatísticas não-paramétrica e descritiva. Não houve efeito do gênero sobre o período de fechamento fisário dos ossos distais e, em média, todos os ossos apresentaram consolidação completa cerca dos nove meses de idade. Aos 247 dias de vida a fise da segunda falange apresentava-se fechada, enquanto que da primeira falange e terceiro metacarpiano a obliteração ocorreu aos 262 dias. No segundo artigo foram utilizados 67 potros, submetidos a exames radiológicos da região da quartela e mensuração dos talões medial e lateral do membro anterior esquerdo. Através da utilização de aparelho de raio-x digital, a imagem radiográfica gerada era computadorizada, permitindo a mensuração dos bordos lateral e medial da primeira falange em centímetros. Ainda, os talões medial e lateral do membro anterior esquerdo foram mensurados com fita métrica em centímetros. As diferenças entre os lados medial e lateral de ambas estruturas foram determinadas e submetidas às análises estatísticas não paramétrica e descritiva. Os potros avaliados não apresentaram desequilíbrio médio-lateral de talões nem desvio compensatório falangeano. Ainda, o desenvolvimento longitudinal da primeira falange não se mostrou relacionado à biometria de talões.

**Palavras-chave:** Cavalos, desenvolvimento ósseo, placa de crescimento, raio-x.

## **Abstract**

XAVIER, Amanda Azambuja da Silva. **Phalanx closure of Crioulo foals raised in extensive system**. 2019. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The objectives of the present dissertation were to characterize the period of closure of the distal bone growth plates in Crioulo foals and if they presented medial-lateral imbalance of beads and / or compensatory deviation of the first phalanx. For this purpose, four Crioulo foals were used, presenting ages between one and 11 months, of both sexes, and the results are presented in two articles. In the first study, 71 foals were submitted to a radiographic study of the distal regions of the left anterior limb, comprising bone growth plates of the third metacarpal bones, first and second phalanges, where the bones of these bones are classified as open, partially closed or closed. The data were submitted to non-parametric and descriptive statistical analyzes. There was no effect of the sexes on the closure period of the distal bones and, on average, all bones presented complete consolidation at around nine months of age. At 247 days of life the physis of the second phalanx was closed, whereas the first phalanx and third metacarpal obliteration occurred at 262 days. In the second article, 67 foals were used, subjected to radiological exams of the fetlock region and measurement of the medial and lateral beads of the left anterior limb. Through the use of digital x-ray apparatus, the radiographic image generated was computerized, allowing the measurement of the lateral and medial edges of the first phalanx in centimeters. Also, the medial and lateral lugs of the left anterior limb were measured with tape measure in centimeters. The differences between the medial and lateral sides of both structures were determined and submitted to nonparametric and descriptive statistical analyzes. The evaluated foals did not present medial-lateral imbalance of beads nor compensatory phalangeal deviation. Also, the longitudinal development of the first phalanx was not related to bead biometry.

**Keywords:** Horse, bone development, growth plate, x-ray.

## Lista de Figuras

- ARTIGO 1      Fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação**
- Figura 1      Imagem radiográfica do membro distal de potro da raça Crioula aos sete meses de idade, onde pode-se observar a placa de crescimento ósseo distal do terceiro metacarpiano aberta (seta verde), da primeira falange parcialmente fechada (seta amarela) e da segunda falange fechada (seta vermelha) .....40
- ARTIGO 2      Desenvolvimento longitudinal da primeira falange e sua relação com a biometria de talões em potros da Raça Crioula**
- Figura 1      Vista palmar do casco do membro anterior esquerdo de potro Crioulo. As linhas laranjas indicam o tamanho dos talões medial (letra M) e lateral (letra L) .....50
- Figura 2      Imagem radiográfica da primeira falange de um potro aos cinco meses de idade (A) e de um aos sete meses de idade (B), com mensurações em centímetros (linhas azuis) dos bordos lateral (indicado com a letra 'L' nas imagens) e medial (indicado com a letra 'M' nas imagens). Na imagem A ambos os lados apresentam 8,4cm de comprimento, enquanto que na imagem B, o lado medial apresenta-se 0,2cm maior que o lateral ..... 52

## Lista de Tabelas

### REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 Períodos de fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros ..... 23

### **ARTIGO 1 Fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação**

Tabela 1 Medianas e diferenças interquartílicas do período de fechamento das placas de crescimento dos ossos distais (dias) de potros da raça Crioula ..... 41

Tabela 2 Períodos mínimos e máximos (dias) das fases das placas de crescimento de ossos distais em potros da raça Crioula ..... 42

### **ARTIGO 2 Desenvolvimento longitudinal da primeira falange e sua relação com a biometria de talões em potros da Raça Crioula**

Tabela 1 Análise descritiva de diferença entre alturas de talões e biometria linear (cm) de desenvolvimento longitudinal da falange proximal..... 51

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	12
2.1. Anatomia óssea do membro distal .....	12
2.2. Composição e função do sistema esquelético .....	14
2.2.1. Osteoblastos .....	14
2.2.2. Osteócitos .....	15
2.2.3. Osteoclastos .....	16
2.2.4. Matriz Extracelular .....	17
2.3. Ossificação Endocondral .....	18
2.3.1. Estrutura da placa de crescimento .....	19
2.4. Fechamento das placas de crescimento ósseo em equinos .....	22
3. OBJETIVOS .....	25
4. PROJETO .....	26
5. RELATÓRIO DE CAMPO .....	35
6. Artigo 1 .....	37
7. Artigo 2 .....	48
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

Com mais de 35 anos de criação, o Freio de Ouro ainda é a competição mais consagrada e cobiçada entre os criadores de cavalos Crioulos, por ser a principal forma de seleção dos animais desta raça e por promover a valorização não só dos equinos ganhadores, mas também de seus descendentes. Buscando a integração das diferentes faixas etárias, atualmente a Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos (ABCCC) apresenta doze modalidades oficiais de competições, o que permite inclusive a participação de animais muito jovens nas pistas.

No entanto, cavalos Crioulos são considerados rústicos porém não obrigatoriamente precoces (LUIZ, 2005) e o primeiro manejo ortopédico realizado em potros desta raça ocorre geralmente cerca dos oito meses de vida, junto ao desmame. Sabendo que o casco tem a função de suportar o peso e absorver impactos (POLLIT, 1992) é importante que seu equilíbrio seja preservado, evitando distribuição desuniforme de forças no membro, que é considerada uma das causas de claudicação.

Van Weeren e colaboradores (2010) indicam que o desenvolvimento dos tecidos musculoesqueléticos é influenciado pela biomecânica exercida pelos potros no período inicial de vida, portanto desequilíbrios capsulares podem prejudicar o futuro deste animal nas competições, por aumentar a suscetibilidade à lesões quando adulto. Com isso, o casqueamento precoce tem sido indicado como terapia de eleição para o alinhamento ósseo de equinos jovens (CANOLA et al., 1997), o que permite o correto crescimento e fechamento adequado das placas de crescimento ósseo.

Porém, o momento da consolidação fisária apresenta variações entre ossos e raças (BAXTER e TURNER, 2006), assim, identificar o período do fechamento das fises auxiliaria no manejo ortopédico preventivo. Em equinos, o intervalo de encerramento do crescimento ósseo falangeano já foi descrito por outros autores, porém os estudos indicam que o fechamento das placas de crescimento dos ossos distais podem variar dos três até os 15 meses de idade (CAMPBELL, 1977; ROSS e DYSON, 2003; STASHAK, 1994).

Assim, pesquisas nesta área na raça Crioula tornam-se necessárias para fornecer aos criadores informações mais fidedignas e precisas, auxiliando no

manejo dentro das propriedades e aumentando o bem-estar na criação dos potros. Com isso, os objetivos deste estudo foram avaliar o período de fechamento das fises distais em potros da raça Crioula criados em sistema extensivo de criação e se estes potros apresentaram desequilíbrio médio-lateral de talões e/ou desvio compensatório na primeira falange, avaliando ainda se estas características estão relacionadas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Anatomia óssea do membro distal**

Componentes do sistema músculo-esquelético derivam da área dorsal do mesoderma, onde células desta região (somitos) diferenciam-se em: derme, musculatura e ossos. O sistema esquelético por sua vez, é composto por elementos isolados atuando de forma conjunta, para suporte, estabilidade e movimentação corporal (LIEBICH e KÖNIG, 2011).

Macroscopicamente pode-se dividir os ossos em duas partes distintas, sendo: A matriz cortical e a matriz medular. A cortical é composta pelo osso compacto e se encontra na periferia da estrutura, enquanto a medular está disposta no centro ósseo, sendo esponjosa ou trabecular (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004). Ossos apresentam variadas formas e tamanhos, constituindo um só esqueleto e são agrupados de acordo com suas características estruturais em: longos, curtos, planos, pneumáticos e irregulares (GETTY et al, 1986). Terceiro metacarpiano e falanges proximal e distal enquandram-se no grupamento de ossos longos, apresentando três regiões: epífises, metáfises e diáfise, compostas por organização morfológica distintas (BUDRAS et al, 2009).

Diáfise é o centro ósseo, composta por camadas externa (compacta) e interna (medular), enquanto que, epífises são as extremidades proximal e distal do osso, cobertas externamente pela substância cortical compacta e preenchida internamente por tecido esponjoso. Vasos ramificados provenientes de artérias nutritivas penetram através de forâmens na diáfise, alcançam a cavidade medular e transpassam a camada compacta, realizando nutrição

vascular óssea. Epífises não apresentam vasos sanguíneos, portanto seu abastecimento ocorre por difusão (LIEBICH e KÖNIG 2011).

As superfícies ósseas apresentam ainda um revestimento interno e outro externo, denominados de endóstio e perióstio, respectivamente (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004). O endóstio é composto por uma única camada de células osteoprogenitoras inativas e é responsável por formar uma barreira entre a medula óssea e a camada compacta. Ainda, as células em repouso podem diferenciar-se em osteoblastos e osteoclastos, promovendo ao endóstio capacidade osteogênica (LIRANI, 2004).

Revestindo a face externa, o perióstio desenvolve funções de promover o abastecimento sanguíneo, crescimento e regeneração óssea, restaurar fraturas e transferir forças musculares ao osso (LIEBICH e KÖNIG 2011). Esta estrutura está ausente nas faces articulares e nas origens e inserções de ligamentos e tendões, porém, ao aproximar-se de articulações, o perióstio une-se à capsula articular, sendo um dos componentes da mesma (GETTY et al, 1986).

As diversas funções exercidas pelo perióstio devem-se ao fato de ser uma cobertura de dupla camada, onde a interna é osteogênica e a externa protetora. A porção íntima possui quantidade elevada de nervos, vasos sanguíneos e é a única estrutura óssea que possui vasos linfáticos (BUDRAS et al, 2009). Há também células progenitoras, os pré-osteoblastos, que maturam-se em osteoblastos (LIEBICH e KÖNIG, 2011). Externamente, a membrana é resistente, composta por tecido conjuntivo denso associado à fibras elásticas. Desta, espalham-se fibras colágenas que unem-se às lamelas externas da matriz óssea, firmando o perióstio ao osso. É ainda responsável pela união óssea à tendões, ligamentos e músculos (BUDRAS et al, 2009).

As estruturas esqueléticas distais do membro equino são basicamente compostas por ossos do terceiro dedo, são elas: terceiro metacarpiano / metatarsiano, primeira, segunda e terceira falanges e ossos sesamóides proximal e distal. Todos os ossos ligam-se fundamentalmente através de junções articulares e ligamentos colaterais (GETTY et al, 1986).

Membros torácicos sustentam cerca de 60% do peso corporal e o osso metacarpal terceiro, por seu desenvolvimento, é um dos principais pilares deste suporte (BUDRAS et al, 2009), mesmo sendo um dos ossos mais vulneráveis aos traumas, devido a ausência de proteção muscular (ORSINI, 2012). Na

região proximal, há uma face articular que une o terceiro metacarpiano aos ossos do carpo, enquanto que em sua borda distal, está presente uma crista sagital dividindo-o em dois côndilos assimétricos que encaixam-se na base proximal da primeira falange, formando juntamente aos ossos sesamóides proximais a articulação metacarpo-falangeana ou articulação do boleteo (KAINER, 2006).

Tanto a primeira quanto a segunda falanges têm formato cilíndrico, sendo a primeira mais alongada (LIEBICH e KÖNIG 2011) e as duas são mantidas unidas por dois ligamentos colaterais curtos e quatro ligamentos palmares, formando a articulação metacarpo falangeana (ou articulação da quartela). A articulação da quartela é formada por duas áreas convexas da extremidade distal da falange proximal e duas áreas côncavas da extremidade proximal da falange média (KAINER, 2006).

## **2.2. Composição e função do sistema esquelético**

O tecido ósseo contém basicamente dois componentes: Células e matriz extra celular. As principais células são: Osteoblastos, osteócitos e osteoclastos e estas atuam de forma a manter a homeostase da estrutura nos processos de formação, remodelação e reabsorção óssea (ANDIA et al, 2006). Essencialmente, o tecido ósseo desempenha funções de proteção, suporte, locomoção (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004) e auxiliam no metabolismo corporal por armazenarem grandes quantidades de cálcio e fosfato (LIEBICH e KÖNIG, 2011).

### **2.2.1. Osteoblastos**

São células cuboides (quando ativas) ou achatadas (em repouso), mononucleadas, de origem mesenquimal e com citoplasma basófilo (MACKIE, 2003). Apresentam-se na superfície óssea e entre eles formam-se junções comunicantes (*gap junctions*) fundamentais para ligação e comunicação celular (JUDAS et al, 2012).

Osteoblastos são responsáveis pela formação de matriz orgânica e mineralização óssea, por sintetização de proteínas de colágeno I e produção

de proteínas não colágenas, responsáveis pela junção do colágeno aos cristais de hidroxiapatita (KATCHBURIAN e CERRI, 2002). Também atuam na remodelação óssea, por possuírem receptores hormonais e de fatores de crescimento ósseo que controlam a reabsorção (MACKIE, 2003). Assim, o processo de reabsorção óssea inicia através dos osteoblastos e estes ativam osteoclastos (JUDAS et al, 2012).

Osteoblastos maduros tornam-se mais achatados tornando-se escassos em organelas de síntese e secreção de proteínas e passam a ser considerados células de revestimento. Ficam em estado de repouso, mas podem voltar à atividade, caso estimuladas. Células de revestimento têm função de regular a concentração plasmática de cálcio nos ossos, sendo consideradas o sítio primário de trocas de íons entre o sangue e o osso (MUNDY, 1991).

Ao envolver-se completamente pela matriz calcificada e ficar aprisionado em uma lacuna, o osteoblasto passa a ser chamado de osteócito (NIJWEIDE et al, 2002). É possível ainda que osteoblastos sofram apoptose, tanto em condições fisiológicas, para regular o crescimento ósseo, quanto em situações traumáticas, como um choque mecânico (NOBLE, 2005).

### **2.2.2. Osteócitos**

Osteócitos são osteoblastos aprisionados em lacunas de matriz calcificada. São elípticos e apresentam baixa atividade metabólica e síntese proteica (RAISZ e RODAN, 1998). É o tipo celular mais numeroso do tecido ósseo, apresentando uma proporção de 10:1 em relação aos osteoblastos (MANOLAGAS, 2000).

Encontram-se dispostos de forma organizada por toda a matriz mineralizada e formam prolongamentos citoplasmáticos dentro de canálculos ósseos que atingem outros osteócitos, osteoblastos e células de revestimento do endóstio e do perióstio, estabelecendo junções celulares (*gap junctions*) (BONEWALD e JOHNSON, 2008). Isso permite que as porções mais externas encontrem-se conectadas às internas, e vice-versa, mantendo a vitalidade da matriz óssea (KATCHBURIAN e CERRI, 2002). Ainda, os canálculos permitem a passagem de nutrientes para as células, mantendo-as funcionais.

Devido ao seu elevado número e ampla disposição, somado ao fato de serem células mecanossensoras, os osteócitos conseguem captar alterações da matriz óssea derivados de estímulos mecânicos que atuam sobre o osso. A percepção das células e formação de resposta ocorre devido a sensibilidade das mesmas à variações de fluxo e pressão do sistema lacuno-canicular (JUDAS et al, 2012). Desta forma, sinalizam as alterações captadas da matriz óssea para as outras células do tecido através das junções celulares, para que assim, cada uma responda de forma adequada e se estabeleça novamente a homeostase tecidual.

### **2.2.3. Osteoclastos**

Osteoclastos são células gigantes, multinucleadas formadas pela fusão de células mononucleadas de linhagem hematopoiética (KATCHBURIAN e CERRI, 2002). Desempenham função fundamental na reabsorção e remodelação óssea, principalmente por sua característica ácida devido a secreção de enzimas. Estas, formam baías de reabsorção (ou lacunas de Howship) nos locais a serem reabsorvidos, protegendo as células (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

Quando ativas, as células osteoclásticas formam invaginações em suas membranas celulares, formando uma borda em escova, contendo em toda periferia a zona branca, constituída essencialmente de actina e miosina, responsáveis pela aderência das células reabsortivas na matriz óssea (HENRIKSEN et al, 2009). Essa adesão gera um ambiente favorável à atividade de enzimas proteolíticas (como as metaloproteinases) e liberação de prótons, fornecendo um ambiente ácido que provoca a dissolução dos cristais de hidroxiapatita (desmineralização) e completa degradação da matriz óssea (SODEK e McKEE, 2000).

Osteoblastos podem regular a ação dos osteoclastos e, conseqüentemente, organizar os processos de reabsorção óssea. Isso porque, osteoblastos são responsáveis pela maturação dos pré-osteoclastos formados a partir de monócitos / macrófagos, através da ligação de um ligando receptor de ativação do fator nuclear Kappa B (RANKL) presente nos osteoblastos com o receptor de ativação do fator nuclear Kappa B (RANK) encontrado em osteoclastos

(JUDAS et al, 2012). Ainda, osteoblastos sintetizam osteoprotegerina (OPG), proteína que inibe a ligação de RANKL ao RANK, impedindo a maturação de pré-osteoclastos ou causando apoptose de osteoclastos maduros, consequentemente controla a reabsorção óssea (HENRIKSEN et al, 2009).

Outro efeito inibidor sobre a produção e ação de osteoclastos é produzido pelo hormônio da tireoide, a calcitonina. Em contrapartida, a ação desta é controlada pelo hormônio da paratireoide, o paratormônio (PTH), que atua em receptores presentes nos osteoblastos, fazendo que interrompam a produção de colágeno e passem a produzir o fator de estimulação de osteoclastos (HENN, 2010).

Por sua origem hematopoiética, os osteoclastos podem não ser considerados células ósseas verdadeiras, mas sim células altamente especializadas com características imunológicas (SCHILLING et al, 2006). Eles são capazes de fagocitar outras células ou restos celulares, como por exemplo osteoblastos que sofreram apoptose (CERRI et al, 2003).

#### **2.2.4. Matriz Extracelular**

A matriz extracelular (MEC) é composta por matriz orgânica (colágeno e proteínas não colágenas), matriz mineral e água. O colágeno é essencialmente do tipo I, porém, os tipos III, IV e VII também são encontrados. Uma rede fibrilar na MEC é estabilizada pela formação de ligações cruzadas, principais responsáveis pela estabilização das fibras de colágeno, conferindo ao tecido resistência para suportar tensões (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

Diversas proteínas não colágenas são encontradas dispersas entre as fibras de colágeno, compondo a substância fundamental. Osteoblastos são responsáveis pela produção de osteonectina, osteocalcina e osteopontina, proteínas fundamentais processos de formação e reabsorção óssea, por atuarem como mediadores biológicos celulares, tanto localmente quanto através de modulação das atividades de fatores de crescimento e outras proteínas da matriz óssea (KIERSZENBAUM, 2008).

A concentração de osteonectina é maior quando comparada a das outras proteínas não colágenas dentro da substância fundamental (SODEK et al, 2000). Sua função é iniciar o processo de mineralização e auxiliar na formação

dos cristais de hidroxiapatita, visto que liga o cálcio no osso (ALFORD, 2006). Ainda, tem papel na maturação de osteoblastos e osteoclastos, portanto, a deficiência de osteonectina pode levar a diminuição do número destas células maduras, causando, por exemplo, osteopenia (BORNSTEIN e SAGE, 2002).

A expressão de osteonectina ocorre concomitantemente à de osteopontina durante o desenvolvimento ósseo, outra proteína ligada à mineralização óssea, principalmente por ser expressada por células osteoprogenitoras em proliferação ou diferenciação e atuar como ponte entre as células e os cristais minerais (OLDBERG et al, 1986). É encontrada não só nos ossos, mas também em outros órgãos, como cérebro e rins, participando de processos biológicos como cicatrização e calcificação (SODEK et al 2000).

Dentre as três proteínas citadas, a única que atua como inibidora da formação óssea é a osteocalcina, por prejudicar o crescimento dos cristais de hidroxiapatita (INGRAM, 1993). Além disso, está associada ao recrutamento e diferenciação de osteoclastos, encontrando-se em níveis mais elevados nos períodos de maior remodelação óssea (CHEN, 2012).

A matriz inorgânica é essencialmente formada por minerais, onde os de maior concentração são íons de fósforo e cálcio, que unidos formam cristais de hidroxiapatita ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ). Estes associam-se à fibras de colágeno e concedem resistência e dureza ao tecido ósseo, sendo responsáveis por cerca de 70% do peso total da estrutura óssea. Além destes minerais, também estão presentes carbonato e cálcio e fosfato de magnésio. A desmineralização pode ocorrer fisiologicamente durante os processos de reabsorção e remodelação óssea, como de forma exacerbada, em processos patológicos (como tumores) ou por deficiência nutricional de minerais (FIELD, 2000).

### **2.3. Ossificação endocondral**

A formação óssea de um indivíduo pode ocorrer basicamente através de dois processos: A ossificação intramembranosa e a endocondral, resultando no desenvolvimento dos ossos planos e longos, respectivamente (SWENSON, 1988). No período fetal forma-se um esqueleto primário, constituído por cartilagem hialina com função de sustentação e molde, que será substituída gradativamente por tecido ósseo (LIEBICH e KÖNIG, 2011).

Cada peça cartilaginosa funciona como um sinalizador, indicando à mediadores indutivos (proteínas morfogenéticas ósseas) o local onde deve ocorrer a substituição de tecidos. Este processo inicia no período pré-natal, no centro primário de ossificação, e cessa somente após o término do crescimento ósseo longitudinal com o fechamento do centro de ossificação secundário (placas de crescimento ósseo), próximo a vida adulta (GETTY et al, 1986).

Células osteoprogenitoras situam-se na camada condrogênica do pericôndrio e diferenciam-se em osteoblastos, fundamentais para o início da deposição de matriz óssea e formação do anel perióstio no centro da diáfise. Devido a presença desse colar ósseo, o metabolismo da cartilagem remanescente é impedido, o que promove sua calcificação, fato possível graças aos vasos sanguíneos que penetram através dessa camada óssea recém formada e estimulam osteoclastos a reabsorver cartilagem, deixando lacunas que posteriormente serão preenchidas por outros capilares (LIEBICH e KÖNIG, 2011).

Vasos sanguíneos auxiliam a entrada de osteoblastos nos espaços produzidos pelos osteoclastos, que iniciarão o processo de deposição de matriz óssea do centro para as extremidades. Concomitantemente, osteoclastos continuam reabsorvendo tecido, resultando na formação do canal medular ósseo primário, preenchido por tecido conjuntivo que após diferenciação passará à tecido hemorreticular com função hematopoiética, chamado também de medula óssea secundária ou vermelha (LIEBICH e KÖNIG, 2011).

Em animais adultos, as diáfises ósseas têm seu canal medular gradualmente substituído por tecido adiposo, porém as epífises continuam intactas como órgãos hematopoiéticos. Ainda, entre a diáfise e epífises permanece uma cartilagem calcificada que limita as porções do osso, também chamada de placa de crescimento ósseo, devido sua função de promover o crescimento longitudinal ósseo após a calcificação primária (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

### **2.3.1. Estrutura da placa de crescimento**

Os condrócitos são as unidades funcionais do crescimento longitudinal. São células produtoras de fatores reguladores do comportamento de outras

unidades celulares, como osteoblastos e osteoclastos, responsáveis pela ossificação. Ainda, substâncias produzidas pelos condrócitos controlam também o próprio metabolismo funcional, somado à ação hormonal juntamente atuando no correto funcionamento dos mesmos (KRAKOW e RIMOIN, 2010).

Basicamente, para que ocorra o crescimento longitudinal e consolidação das porções ósseas, os condrócitos da placa de crescimento passam por estágios de proliferação, secreção, hipertrofia e morte celular (MURAKAMI, 2000). Após, vasos sanguíneos penetram as lacunas formadas e carregam consigo células mesenquimais osteoprogenitoras, que diferenciam-se em osteoblastos que passam a depositar matriz óssea (ROSS e ROWRELL, 1993).

O crescimento ósseo de um indivíduo ocorre mais rapidamente que o desenvolvimento muscular e o último tecido a sofrer maturação completa no organismo é o adiposo (GONZALES e SARTORI, 2002). A taxa de crescimento varia entre os ossos e indivíduos e o controle ocorre na própria placa de crescimento ósseo (MACARI et al, 1994) estruturada fundamentalmente por condrócitos e matriz extracelular da cartilagem, portanto, o alongamento ósseo ocorre pelo desenvolvimento da cartilagem e não do osso (CANCEDDA et al, 1995).

Condrócitos organizam-se em colunas verticais alinhadas e anisotrópicas, onde em cada linha da coluna representa uma etapa do ciclo de vida celular. Todos apresentam as mesmas condições de maturação de acordo com a camada onde encontram-se, formando um padrão horizontal (FASANO et al, 2010). A sequência de condrócitos mais próxima da epífise é a zona de repouso, onde as células encontram-se achatadas e com baixa capacidade de proliferação (BIANCO et al, 1998).

Os fatores que influenciam condrócitos a evoluir para fase proliferativa ainda não são bem conhecidos, porém sabe-se que um importante estimulador da proliferação é o hormônio do crescimento, responsável por induzir a secreção de fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1) por condrócitos (ISAKSSON et al, 1990; PASS et al, 2009). Nessa fase condrócitos apresentam alta capacidade de divisão celular e secreção de matriz extracelular (MEC), com isso a zona proliferativa é responsável pelo crescimento longitudinal dos ossos (STEVENSON et al, 1990).

Apesar da elevada taxa proliferativa, a altura da placa de crescimento é geralmente constante, devido aos fatores que regulam tanto a produção de novas células e MEC quanto à reabsorção de matriz e crescimento de brotos capilares, exceto em períodos de pico de crescimento ou no caso de maturação esquelética (HUNTER e ARSENAULT, 1990). Ainda, condrócitos apresentam uma capacidade máxima de multiplicação celular e ao término deste período passam a etapa hipertrófica (HOWELL e DEAN, 1992).

A duração de cada período do ciclo de vida dos condrócitos deve ser estritamente regulado para correta formação óssea com solidez adequada, para isso, alguns mediadores locais são fundamentais no exercício de tal função (NILSSON et al, 2005). O Hedgehog Indiano (IHH) é secretado por condrócitos pré-hipertróficos e a via de sinalização deste associada ao hormônio paratireóideo (PTH) controla a taxa de maturação, mantendo as células em condições proliferativas, postergando a hipertrofia (SHIMO et al, 2004; MAEDA et al, 2007).

Outros fatores locais como as proteínas ósseas morfogenéticas (BMPs) também resultam na proliferação celular, devido sua origem derivar do fator de crescimento transformador  $\beta$  (TGF  $\beta$ ) (YOON et al, 2006). BMPs induzem a expressão de IHH na placa de crescimento, porém nenhum é exclusivamente dependente do outro para exercer sua função (MINIMA et al, 2001). Em contrapartida, o Fator de Crescimento de Fibroblastos (FGF) promove a regulação negativa na multiplicação celular, induzindo a hipertrofia (ORNITZ, 2005).

Hormônios tireoidianos, como o T3 atuam como reguladores sistêmicos, estimulando a hipertrofia dos condrócitos por inibição do PTH e seus receptores (STEVENS et al, 2000; SHAO et al, 2006; WANG et al, 2007). Com a progressão à condrócitos hipertróficos, eles deixam de ser achatados e passam a uma morfologia circular, secretando grandes quantidades de fatores na MEC que auxiliam no processo de crescimento celular. A síntese de colágeno tipo II é minimizada, enquanto que a de colágeno tipo X é iniciada (CAWSTON e YOUNG, 2010).

Na fase hipertrófica, condrócitos passam a captar cálcio, aumentando a concentração intracelular desse mineral, auxiliando na produção de vesículas responsáveis por secretar cristais de hidroxiapatita e metaloproteinases (MMP)

que acarretarão na mineralização da matriz circundante (ANDERSON, 2003). Além de cálcio, as vesículas contém também fosfatases que favorecem a formação dos cristais (KIRSCH, 2006).

As principais MMPs secretadas são MMP 9 e MMP 13 e são responsáveis pela degradação da MEC, clivando colágeno e agrecanos, possibilitando a invasão de células osteoprogenitoras carregadas junto aos vasos sanguíneos (INADA et al, 2004). A MMP 9 também é secretada por osteoclastos, mutuamente responsáveis por reabsorção de matriz cartilaginosa e auxiliares no processo de ossificação (DECKERS et al, 2002). Ainda, a MMP 9 é uma protease fundamental no processo de vascularização e ossificação da placa de crescimento (VU et al, 1998).

À medida que condrócitos sofrem hipertrofia e mineralização acabam sofrendo rápida apoptose, gerando lacunas onde ocorrerá a invasão de capilares (ANDERSON, 2003). Pouco antes da morte celular, ocorre diminuição do oxigênio local e as células aumentam a expressão do fator de crescimento endotelial vascular, induzindo a invasão de vasos sanguíneos provenientes do osso esponjoso primário. Juntamente ao processo de angiogênese, células mesenquimais penetram na cartilagem calcificada, acarretando a consolidação óssea (HUNZIKER, 1994; SHIPANI et al, 2001; ZELZER et al, 2004).

#### **2.4. Fechamento das placas de crescimento ósseo em equinos**

O fechamento das placas de crescimento ósseo indica a maturidade esquelética que ocorre quando o centro primário de ossificação encontra o secundário, encerrando o crescimento longitudinal do osso (MACKIE et al, 2011). A consolidação apresenta variações entre ossos onde geralmente as placas distais encerram seu crescimento previamente às proximais (KERBER, 2001). Ainda, este período é influenciado por questões genéticas, nutricionais e taxa de exercício promovida durante o período de imaturidade óssea (FREEMAN, 2005).

Subjetivamente alguns autores propõe o momento de encerramento do desenvolvimento ósseo em equinos através do estudo de curvas de crescimento, indicando em que período da vida estes atingiram a medida adulta (ALLEN et al, 2004; MORAES et al, 2017; PIMENTEL et al, 2017),

porém, não apresentam resultados de maturidade óssea individual. Estudos de observação das placas de crescimento ósseo distais em equinos têm sido realizados na busca de determinar o momento de fechamento das mesmas (Tabela 1) e assim, auxiliar no manejo corretivo preventivo ortopédico de potros (CAMPBELL, 1977; STASHAK, 1994; ROSS E DYSON, 2003; LUIZ, 2005).

**TABELA 1** – Períodos de fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros

Fises	AUTORES			
	Campbell (1977)	Stashak (1994)	Ross e Dyson (2003)	Luiz (2005)
2ª Falange	3 a 6 meses	6 a 15 meses	6 a 9 meses	N.A.**
1ª Falange	6 a 9 meses	6 a 15 meses	6 a 9 meses	N.A.**
3º MetC/T*	9 a 12 meses	6 a 18 meses	9 a 18 meses	6 a 7 meses

\*3º MetC/T – Refere-se aos ossos terceiro metacarpiano ou metatarsiano; \*\*N.A. – Característica não avaliada pelo autor.

Diversos fatores interferem no período de obliteração da fise, como genética, onde cada raça apresenta um potencial específico para taxa de crescimento e tamanho adulto (FREEMAN, 2005). Linhagens que necessitam atingir maior altura na idade adulta possivelmente encerram seu desenvolvimento ósseo após as de menor estatura, visto o platô do crescimento corpóreo de equinos puro sangue ocorrer cerca das 160 semanas de vida, enquanto que pôneis o atingem entre cem e 120 semanas (ALLEN et al, 2004), causando possível variabilidade na fisiologia óssea entre raças. Foi determinada também a curva de crescimento de equinos da raça Crioula, que atingiram 82,8% de seu tamanho máximo aos seis meses de idade (MORAES et al, 2017).

Nutrição também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento longitudinal dos ossos, onde a carência de minerais como cálcio e fósforo estão diretamente ligados à doenças ortopédicas do desenvolvimento (DOD) (PAGAN, 1998). O excesso de gordura, comum em equinos alimentados a base de grãos, gera estresse nos membros por aumento elevado do peso

corporal, reduzindo a capacidade atlética, causando fechamento fisal precoce e aumentando riscos de lesões, como as fisites (LEWIS, 1982).

As principais doenças em equinos estão relacionadas ao sistema locomotor (McILWRAITH, 1996) e as expectativas geradas sobre o futuro atlético dos potros, associado ao seu valor comercial justificam o monitoramento precoce desse sistema. Estudos recentes indicaram que potros Crioulos participantes de exposições apresentaram estatura mais baixa do que o esperado, além de distúrbios músculo-esqueléticos significativos (FILHO e LÖF, 2007; AMARAL et al, 2014). Estes parâmetros foram possivelmente causados por dieta nutricional com alimentos concentrados e falta de exercício, resultando em carga excessiva nos membros, fator que pré dispõe a formação de ossos mais curtos e pouco resistentes (REICH, 2005).

Equinos são extremamente precoces, visto após vinte minutos de seu nascimento já serem capazes de ficar em estação e exercitar-se. Neste mesmo momento apenas 17% do conteúdo mineral ósseo maduro está formado (HINTZ, 1979) e o exercício moderado pode auxiliar no processo de deposição de massa óssea, tornando os ossos do membro distal mais resistentes e possibilitando máximo crescimento ósseo longitudinal (BAILEY et al, 1996; FIRTH et al, 2012). O membro distal é a base para controle de tendões e músculos proximais que impulsionam o movimento. A função prejudicada de um de seus componentes aumenta a carga das outras estruturas, excedendo a capacidade fisiológica de suporte de cargas, gerando lesões (JOHNSTON e BACK, 2006).

A otimização do desenvolvimento ósseo baseia-se em que ossos resistentes e com maturidade alcançada de forma adequada diminuirão os riscos de lesões ortopédicas nas fases adultas de equinos atletas (HELMINEN et al, 2000), diminuindo custos e chances da inibição precoce destes animais nas pistas de competição. O crescimento ósseo de potros criados de forma extensiva demonstrou ser semelhante ao dos que receberam carga leve de exercícios (FIRTH et al, 2011).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

O objetivo desse estudo é descrever e analisar a anatomia radiológica das placas de crescimento ósseo distais de potros da Raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Em que idade ocorre o fechamento das placas de crescimento ósseo falangeanas em potros da raça Crioula?
- Em que idade ocorre o fechamento da placa de crescimento ósseo distal do terceiro metacarpiano em potros da raça Crioula?
- Os potros criados de forma extensiva e sem interferência de manejo ortopédico apresentaram desequilíbrio médio lateral de talões e/ou desvio compensatório na primeira falange?
- A estrutura óssea da primeira falange está relacionada com a morfologia capsular do casco?



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
PRÓ- REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Período de fechamento das fises falangeanas de potros da Raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação.

**Equipe:**

Charles Ferreira Martins, Méd. Vet. Dr.- Coordenador (Dep Clínicas Veterinária) – UFPEl

Anelise Hammes Pimentel, Méd. Vet. Dr.- Colaborador (Dep Zootecnia)- UFPEl

Rogério Folha Bermudes, Méd. Vet., Nutricionista, Dr. – Colaborador (Dep Zootecnia) - UFPEl

Leandro Américo Rafael, Méd. Vet. Dr. – Colaborador (Dep Clínicas Veterinária) - UFPEl

Amanda Azambuja da Silva, Médica Veterinária – Mestranda em Zootecnia – UFPEl

Paula Moreira da Silva, Zootecnista - Mestranda em Zootecnia - UFPEl

João Ricardo M. de Souza, Médico Veterinário - Doutorando em Medicina Veterinária – UFSM

Nathanael Ramos Montanez, Méd Vet – Mestrando em Zootecnia - UFPEl

Fernanda Aquino Franco, Graduanda em Medicina Veterinária – UFPEl

Charles Ferreira Martins  
FaVet / DCV – Programa de Pós Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Pelotas (UFPEl)  
Pelotas, dezembro de 2017.

### Introdução

A harmonia entre as estruturas do casco equino está relacionada à forma e ao tamanho do dígito, estabelecendo a principal interação entre o membro e o solo. Como tal, não se refere apenas à geometria do casco, mas à sua biomecânica (PARKS, 2005), com implicações subsequentes para o desempenho, lesões e possíveis sinais de claudicação (VAN WEEREN & CREVIER-DENOIX, 2006).

Silva e colaboradores (2016) concluíram que o crescimento do casco fetal de potros da raça Crioula apresenta correlação positiva e altamente significativa com algumas características morfológicas lineares até o quinto mês de idade, indicando que alterações na cápsula do casco pode influenciar diretamente no desenvolvimento ortopédico e corporal dos potros. Ainda, é descrito que a cápsula do casco de potros da raça Crioula tem sua renovação completa cerca dos 170 dias de vida (SILVA, et al, 2016<sup>b</sup>).

Autores divergem sobre o período de fechamento das placas de crescimento ósseo das primeira e segunda falanges em equinos, onde citam, por exemplo, que estas fecham-se dentro de um período compreendido entre os seis e os quinze meses de idade (STASHAK, 2002), demonstrando falta de precisão, o que prejudica o manejo com estes equinos em desenvolvimento. Luiz et al (2007) estudaram o fechamento das fises de três ossos longos em potros da raça Crioula, porém a anatomia radiológica das placas de crescimento falangeanas em potros Crioulos nunca foi estudada.

Em estudos recentes com potros da raça Crioula criados em sistema extensivo de criação foi observado desequilíbrio médio-lateral dos talões aos nove meses de idade (SILVA, et al 2016<sup>c</sup>), além de desproporcionalidade entre comprimento de pinça e altura dos talões desde o nascimento até os oito meses de vida (SILVA, et al 2016<sup>d</sup>). Sabendo que o casco é uma estrutura com

função de suportar o peso do animal e absorver impactos, seu equilíbrio deve ser preservado (POLLIT, 1992).

Desequilíbrios podais promovem distribuição de forças desiguais no membro, fator predisponente ao fechamento precoce e incorreto das placas de crescimento ósseas (STASHAK, 2002). Além disso, quando as forças não são uniformes, o suprimento sanguíneo é comprometido, resultando em remodelação da falange distal (CANTO, et al. 2006). Com a falta de referências sobre anatomia radiológica de ossos distais em potros Crioulos, e à imprecisão do período já descrito em outras raças, não se tem conhecimento se desequilíbrios vistos aos nove meses de idade têm influência no fechamento das fises falangeanas, visto que não se sabe se estas cessariam seu crescimento antes ou após esta idade e, com isso, criatórios continuam mantendo seus potros sob uma criação empírica, o que pode estar prejudicando o desenvolvimento dos mesmos.

## **2. Objetivos e Metas**

---

### **Objetivo geral**

O objetivo desse estudo é descrever e analisar a anatomia radiológica das placas de crescimento ósseo das primeira e segunda falanges de potros da Raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação.

### **Objetivos específicos**

#### **Responder questões como:**

- Em que idade ocorre o fechamento das placas de crescimento ósseo falangeanas em potros da raça Crioula?
- De acordo com o período de fechamento das fises falangeanas, quais desequilíbrios da cápsula do casco podem estar influenciando neste processo?

- Desequilíbrios da cápsula do casco causaram desvios compensatórios falangeanos?

## **Hipótese**

Potros da raça Crioula com desequilíbrios na cápsula do casco apresentam desvios compensatórios falangeanos por fechamento fisial precoce.

## **3. Metodologia**

---

### **Material e Métodos**

A constatação de desequilíbrios na cápsula do casco em potros Crioulos motivou a constituição de um projeto de investigação em criatórios deste grupo genético, na Região Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Neste estudo serão utilizados 60 potros entre machos e fêmeas. O experimento será conduzido no período de dezembro de 2017 a julho de 2018.

O número amostral se justifica baseado em outro estudo realizado em potros da mesma raça, onde este utilizou 92 animais e, de acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que a diminuição do número de potros em determinados grupos poderia ocorrer sem alteração da resposta. Assim, por ser um estudo piloto e de análise descritiva, onde nenhum tratamento será aplicado e baseado em estudos anteriores, justifica-se a ausência do cálculo amostral, visto que o tamanho da população já foi ajustado prevendo o bem-estar animal.

Um método de investigação composto por avaliação biométrica e angular da cápsula do casco será realizado. Também será realizada mensuração morfométrica do desenvolvimento corporal dos potros. Este protocolo será aplicado para potros a partir do primeiro mês de vida, sendo, sequencialmente, a cada trinta dias, exposto a nova avaliação, até o momento de observação radiológica do fechamento das placas de crescimento ósseo falangeanas. Os potros serão filhos de garanhões distintos, representantes de

linhagens da Raça Crioula, sendo as diferenças dos valores entre grupos genéticos consideradas.

### **Biometria da cápsula do casco**

Para avaliação biométrica serão registradas medidas de altura dos talões lateral e medial do casco (determinação de equilíbrio médio-lateral dos talões), comprimento da parte dorsal da cápsula do casco (distância entre coroa do casco e pinça), ângulo do casco e diâmetro da coroa do casco. As medidas serão obtidas utilizando-se de fita métrica e podogoniometro.

### **Morfometria corporal**

Serão avaliados índices de desenvolvimento corporal dos potros por intermédio das seguintes medidas: altura da cernelha e garupa, comprimento corporal, perímetro do terço médio do osso terceiro metacarpiano e perímetro do tórax. As medidas serão obtidas utilizando-se hipômetro e fita métrica. Os animais serão mensurados sempre do lado esquerdo do corpo, posicionados em estação, apoiados sobre os quatro membros ao chão na posição correta dos aprumos, sobre piso de cimento, regular e sem declividade.

### **Avaliação das placas de crescimento ósseo**

A porção distal dos membros anteriores dos potros estudados serão submetidos à avaliação radiológica, utilizando projeção dorso-palmar, com objetivo de visualizar a linha de crescimento ósseo das primeira e segunda falanges. O estudo radiológico será realizado em potros com até nove meses de idade, sendo estes radiografados e o período de desenvolvimento registrado. Após, os potros serão divididos por grupos, sendo estes: Grupo 1- Até 60 dias de idade; Grupo 2- Entre 61 e 110 dias; Grupo 3- Entre 111 e 170 dias; Grupo 4- Entre 171 e 210 dias; Grupo 5- 211 até 270 dias. As imagens radiográficas serão realizadas somente até o momento em que a placa de

crescimento ósseo não for mais observada no raio-x, evitando manipulação desnecessária com os potros. Com isso, algum grupo citado pode não existir, visto que o fechamento das placas de crescimento pode ocorrer, por exemplo, ao quinto mês de vida. Os resultados das imagens radiológicas serão tabulados de acordo com o já descrito por Luiz, et al (2007), onde placa epifisária não visível (índice 0), placa epifisária parcialmente visível (índice 1) ou placa epifisária visível (índice 2).

### **Manejo alimentar**

Do nascimento ao desmame, os potros permanecerão com as éguas mantidas em pastagens de azevém (*Lolium multiflorum*) e campo nativo sob pastejo contínuo. Os animais receberão água *Ad libitum*. Todos os potros serão monitorados parasitologicamente de forma individual e mensalmente, sendo submetidos à desinfecção no intuito de evitar comprometimento de sua saúde.

### **Análise estatística**

O delineamento será inteiramente casualizado com grupamentos contendo números diferentes de observações. Será utilizado o modelo linear misto, devido às diferentes idades dos potros durante as coletas, o que permitirá dados ausentes. Os resultados serão submetidos à análise descritiva e teste de Qui-quadrado. Para as análises descritas será utilizado o programa R e o nível de significância ajustado em 5%.

#### **4. Cronograma de atividades**

---

<b>Atividade</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2019</b>
Semestre	2º	1º	2º	1º	2º
Disciplinas obrigatórias	X	X			
Coletas de dados dos potros	X	X			
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	
Análise dos resultados		X	X	X	
Escrever dissertação			X	X	
Defesa					X
Divulgação de resultados à ABCCC				X	X

## 5. Referências bibliográficas

---

BUTLER, K. D. The prevention of lameness by physiologically sound horseshoeing. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION EQUINE PRACTITIONERS, 31., 1985. Toronto, Canada. Proceedings... Toronto, 1985. p. 465-475.

CANTO, L. S. CORTE, F. D. L. BRASS, K. E. RIBEIRO, M. D. **Frequência de problemas de equilíbrio nos cascos de cavalos crioulos em treinamento.** Braz. J. vet. Res. anim. Sci., São Paulo, v. 43, n. 4, p. 489-495, 2006.

CURTIS, S.; MARTIN, J.; HOBBS, S.. Hoof renewal time from birth of Thoroughbred foals, **The Veterinary Journal**, Volume 201, Issue 1, p. 116-117, 2014.

HINTZ, H.F. Hoof Growth and Nutrition. In: ROBINSON, N. E., **Current Therapy in Equine Medicine**. Philadelphia, WB Saunders, 1983.

KAINER, R. A.. Anatomia Funcional do Aparelho Locomotor. In: **Claudicação em Equinos Segundo Adams**. 5. ed. São Paulo: Roca, 2006. p. 1-54

KANE, A. J.; STOVER, S. M.; GARDNER, T. A. et al. Horseshoe characteristics as possible risk factors for fatal musculoskeletal injury of thoroughbred racehorses. *American Journal Veterinary Research*, Schaumburg, v. 57, n. 8, p. 1147-1152, 1996.

LANDEAU, L. J., BARRETT, D. J. AND BATTERMAN, S. C., Mechanical properties of equine hooves. **American Journal of Veterinary Research**. 44, p. 100–102, 1983.

LUIZ, R.C.; De La CORTE, F.D.; BRASS, K.E. Fechamento das placas epifisárias do metacarpiano principal, do rádio e da tibia em potros Crioulos. *Ciência Rural*, v.37, n.4, jul-ago, 2007.

McILWRAITH, C.W. The equine skeleton: How does bone grow and how do abnormalities in developmental process affect soundness? **World Equine Veterinary Review**, v.1, n.2, p.25-29, 1996.

MONTANEZ, N.R.; SPOTORNO, P.C.B.; SOUZA, J.R.M.; MARTINS, C.F.; PIMENTEL, A.M.H.. Curva de crescimento em potros da raça Crioula. In: **13º Mostra da Produção Universitária**, 2014, Rio Grande. **Anais...**, 2014.

NICOLETTI, J. L. M.; SCHLEGEL, C.; THOMASSIAN, A. et al. Mensuração do casco de eqüinos para identificação objetiva de anormalidades de conformação. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 6, n. 1, p. 61-68, 2000.

PARKS, A. Foot balance and conformation: clinical perspectives. **Journal of Equine Veterinary Science**, Volume 25 , Issue 5 , p. 230, 2005.

POLLITT, C. C. **Clinical anatomy and physiology of the normal equine foot**. Equine Veterinary Education, v. 4, n. 5, p. 219-2224, 1992.

ROSS, M., e McILWRAITH, C. Conformation and Lameness. In: ROSS M.W. & DYSON S.J. **Diagnosis and Management of Lameness in the Horse**. 2ª Ed, Saunders, 2011, p. 15-32.

SILVA, A.A.; FRANCO, F.A.; SOUZA, J.R.M.; PIMENTEL, A.M.H.; MARTINS, C.F.. Associação do crescimento da cápsula do casco fetal com variáveis morfológicas lineares de desenvolvimento – dados preliminares. In: **15ª Mostra da Produção Universitária**, 2016, Rio Grande. **Anais...**, 2016.

<sup>b</sup>SILVA, A.A.; FRANCO, F.A.; SOUZA, J.R.M.; XAVIER, D.L.; PIMENTEL, A.H.; MARTINS, C.F.. Changes in the hoof in Criollo foal through the age. In: **53º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2016, Gramado. **Anais...**, 2016.

<sup>c</sup>SILVA, A.A.; FRANCO, F.A.; GARCIA, C.A.S.C.; SOUZA, J.R.M.; PIMENTEL, A.H.; MARTINS, C.F.. Prevalência de desequilíbrio médio-lateral dos talões em potros da raça Crioula: Caracterização do problema – Estudo preliminar. In: **XXV Congresso de Iniciação Científica**, 2016, Pelotas. **Anais...**, 2016.

<sup>d</sup>SILVA, A.A.; FRANCO, F.A.; SOUZA, J.R.M.; PIMENTEL, A.H.; MARTINS, C.F.. Proporcionalidade biométrica entre comprimento de pinça e altura do talão em potros da raça Crioula. In: **25º Congresso de Iniciação Científica**, 2016, Pelotas. **Anais...**, 2016.

SOUZA, J.R.M.; FOLLE, V.A.; PFEIFER, J.P.H.; SCHUSTER, A.B.G.; MARTINS, C.F.. Características biométricas corporais de potros crioulos do nascimento ao desmame. In: **XX Congresso de Iniciação Científica**, 2011, Pelotas. **Anais...**, 2011.

STASHAK, T. S. **Claudicação em eqüinos segundo Adams**. 5. ed. São Paulo:Roca, 2002, 1174p.

VAN WEEREN, P.R.; CREVIER-DENOIX, N.. Equine conformation: clues to performance and soundness? **Equine Veterinary Journal**, 38, p. 591-596, 2006.

## **5. RELATÓRIO DE CAMPO**

### **5.1. Local e animais**

Os dois artigos que compõe a dissertação foram desenvolvidos a partir de dados coletados de potros hígidos da raça Crioula apresentando idades entre um e onze meses, nascidos na temporada 2017/2018. Os animais são provenientes de quatro propriedades situadas no Sul do Rio Grande do Sul. Todos os estabelecimentos apresentam o mesmo manejo extensivo de criação, onde os potros são criados em campo nativo e água *ad libitum*.

Foi inicialmente proposto trabalhar apenas com 60 potros, porém, graças a disponibilidade oferecida pelos proprietários, um total de 71 potros participaram do estudo, no entanto, esse número de animais não esteve presente na sua totalidade em todos os trabalhos.

### **5.2. Coleta de dados e estudos desenvolvidos**

Durante o período de mestrado foram desenvolvidos dois estudos a partir dos dados coletados. Foram eles:

#### **5.2.1. Fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação**

Foram incluídos neste estudo 71 potros da raça Crioula. Neste trabalho foram avaliadas as placas de crescimento dos ossos: terceiro metacarpiano, primeira e segunda falanges, através da utilização de aparelho de raio-x digital. De acordo com as imagens obtidas, as fises ósseas foram classificadas como: abertas, parcialmente fechadas ou fechadas. Estes dados foram avaliados visando o melhor entendimento do momento ideal para correção ortopédica de potros dessa raça quando este manejo é necessário.

#### **5.2.2. Desenvolvimento longitudinal da primeira falange e sua relação com a biometria de talões em potros da raça Crioula**

Participaram deste estudo 67 potros da raça Crioula. Quatro potros não foram incluídos na análise devido as imagens radiográficas ficarem sutilmente

oblíquas, impossibilitando a realização das medidas dos bordos lateral e medial da falange proximal. Neste trabalho foram avaliadas as diferenças de altura entre talões medial e lateral e diferenças de comprimentos entre bordos medial e lateral da primeira falange, determinando a ocorrência ou não de desequilíbrios podais nos potros. Ainda, foi relacionado os dados das diferenças entre talões e bordos falangeano, avaliando se o desenvolvimento longitudinal da estrutura óssea sofreu interferência da biometria capsular, visto estes potros não receberem manejo ortopédico corretivo.

O manejo nas propriedades com potros da raça Crioula é majoritariamente de forma extensiva e sem interferência humana, desta forma, os dados do presente trabalho buscaram entender se estes potros sofrem remodelação óssea distal visto não serem submetidos à correções ortopédicas nos primeiros meses de vida.

## 6. ARTIGO 1

### **Fechamento das placas de crescimento ósseo distais em potros da raça Crioula mantidos em sistema extensivo de criação**

Closure of distal bone growth plates in Crioulo foals kept in extensive rearing system

#### **Resumo**

Neste estudo sinaliza-se o momento de fusão fiseal das extremidades distais no membro de potros da raça Crioula criados em sistema extensivo. Para isso, foram monitoradas radiograficamente as placas fiseais de 71 potros Crioulos, com idades entre um e 11 meses, de ambos os sexos, de quatro estabelecimentos rurais da região sul do Rio Grande do Sul, Brasil. O monitoramento radiológico foi realizado de forma linear, desde o nascimento, até a fusão completa das fises, sendo radiografadas as regiões: distal do terceiro metacarpiano, primeira e segunda falanges do membro torácico esquerdo, e as imagens das placas fisárias classificadas como: abertas, parcialmente fechadas ou fechadas. Cinco grupos etários foram estabelecidos para facilitação de análise. Os dados foram submetidos à análise estatística não-paramétrica e descritiva e verificou-se que não houve diferença significativa entre sexos para o momento de consolidação óssea distal nos potros avaliados. Em média, aos 247 dias de vida a placa de crescimento ósseo da segunda falange apresentava-se fechada, enquanto a consolidação da primeira falange e terceiro metacarpiano ocorreu próximo dos 262 dias de idade.

**Palavras-chave:** Raça Crioula, desenvolvimento, falange, metacarpo;

#### **Abstract**

In this study, the moment of physeal fusion of the distal extremities of the Crioulo foals raised in an extensive system is signaled. For this purpose, the distal growth plates of 71 Crioulo foals, aged between one and 11 months, of

both sexes, were monitored radiographically from four rural establishments in the southern region of Rio Grande do Sul, Brazil. Radiological monitoring was performed linearly from birth to complete fusion of the fises. The regions were: the distal third metacarpal, the first and second phalanges of the left thoracic limb, and the images of the physis classified as: open, partially closed or closed. Five age groups were established for analysis facilitation. The data were submitted to non-parametric and descriptive statistical analysis and it was verified that there was no significant difference between the sexes for the moment of distal bone consolidation in the evaluated foals. On average, at 247 days of life the bony growth plate of the second phalanx was closed, while the consolidation of the first phalanx and third metacarpal occurred near the 262 days of age.

**Keywords:** Crioulo, development, phalanx, metacarpal, bone

## **Introdução**

Ossos longos são a base do crescimento de vertebrados e apresentam múltiplas funções, como estabilidade, sustentação e movimentação corporal (LIEBICH E KÖNIG, 2011). A maturidade óssea, necessária para realização de tais atividades, é indicada pela obliteração total do centro de ossificação secundário, a fise (MACKIE et al, 2011), e este momento sofre variações entre ossos, espécies e raças, por influências de fatores como genética, nutrição e exercício físico (FREEMAN, 2005).

Ainda, o período de fechamento fisário indica o momento ideal de realização de correções ortopédicas e na busca de tais respostas, estudos avaliando de forma subjetiva o desenvolvimento de potros da raça Crioula têm sido realizados, indicando a curva e picos de crescimento dos mesmos (MORAES et al, 2017; PIMENTEL et al 2017). Outros autores determinaram o período de fechamento das placas de crescimento ósseo distais (CAMPBELL, 1977; STASHAK, 1994; ROSS E DYSON, 2003; LUIZ, 2005), porém, o período de fechamento ósseo falangeano de potros Crioulos ainda não foi determinado, característica de conhecimento fundamental nos casos de correção ortopédica

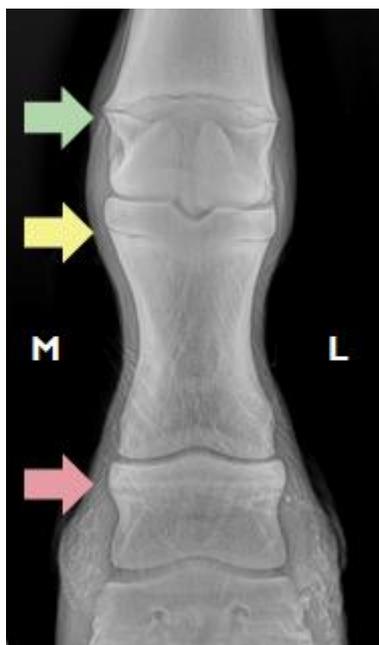
de animais com deformidades angulares de quartela e boleto (BAXTER E TURNER, 2006).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi determinar o momento da fusão das fises dos ossos distais em potros da raça Crioula, auxiliando profissionais que trabalham com esta espécie no entendimento da fisiologia óssea e manejo dos mesmos, aumentando o bem-estar animal.

## **Material e Métodos**

Foram radiografados 71 potros da raça Crioula, puros e hípidos, da geração de nascimentos 2017-2018, com idades entre um e onze meses. Foram mantidos em sistema extensivo de criação, provenientes de quatro propriedades do sul do Rio Grande do Sul, todas com manejo em campo nativo (PILLAR et al, 2009). Um total de 25 machos e 46 fêmeas foram avaliados ao acaso.

As coletas foram realizadas com os potros em estação, sobre um piso plano e regular. Imagens radiográficas foram obtidas em posição dorso-palmar do membro anterior esquerdo na região que compreende as estruturas ósseas distais do terceiro metacarpiano, primeira e segunda falanges, utilizando um aparelho de Raio-X digital e portátil, modelo Slate 3 – Cuattro, com padrão de 76kv de penetração e 1,6mAs de tempo de exposição. Todas as imagens foram analisadas utilizando-se o programa eFilm Lite 3.1 (MERGE™ HealthCare), sendo classificadas três fases, de acordo com a visibilidade da placa de crescimento ósseo em: abertas (com observação nítida da linha epifisária), parcialmente fechadas (a porção central da placa não está visível, porém a linha de crescimento ainda é nítida nos bordos lateral e medial) e fechadas (a linha de crescimento não é observada, indicando consolidação óssea total), conforme figura 1.



**FIGURA 1** – Imagem radiográfica do membro distal de potro da raça Crioula aos sete meses de idade, onde se pode observar a placa de crescimento ósseo distal do terceiro metacarpiano aberta (seta verde), da primeira falange parcialmente fechada (seta amarela) e da segunda falange fechada (seta vermelha).

Para melhor avaliação dos dados os potros foram divididos em grupos de acordo com suas idades em dias, sendo: Grupo 1 – nascimento até 90 dias (n=18; 25,35%); Grupo 2 – 91 até 180 dias (n=19; 26,76%); Grupo 3 – 181 até 240 dias (n=16; 22,54%); Grupo 4 – 241 até 270 (n=12; 16,90%); Grupo 5 – 271 dias ou maior (n=6; 8,45%). A redução no número de animais dos grupos 4 e 5 foi devido aos potros machos, em sua maioria, após o desmame (a partir dos 211 dias de vida) não continuarem no plantel das propriedades, fator que também interferiu no número de fêmeas (64,8%) ser superior aos machos (35,2%).

Através da ausência de distribuição normal determinada pelo teste de Kolmogorov-smirnov, o efeito do gênero sobre o período de fechamento da placa de crescimento de cada osso avaliado foi determinado pelo teste não paramétrico de Mann-whitney. Como não houve efeito do gênero ( $p > 0,05$ ), os dados foram analisados de forma conjunta entre machos e fêmeas através de análise descritiva, indicando a mediana, distância interquartílica (DI) e valores

máximos e mínimos, com propósito de determinar o momento do fechamento fisal dos ossos distais. Todas as análises foram feitas por meio do software R – Rcmdr 2.4-0, considerando um nível mínimo de confiança de 95% ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

Aos 247 dias de vida observou-se a placa de crescimento ósseo da segunda falange fechada, enquanto que as fises da primeira falange e metacarpo encerraram seu crescimento longitudinal aos 262 dias. Apesar da diferença apresentada em dias, o período de fechamento fisário de todos os ossos distais ocorreu aos nove meses de idade.

As medianas e diferenças interquartílicas do período de fechamento das placas de crescimento dos ossos distais (dias) de potros da raça Crioula estão descritos na Tabela 1.

**TABELA 1** – Medianas e diferenças interquartílicas do período de fechamento das placas de crescimento dos ossos distais (dias) de potros da raça Crioula.

Osso	Medianas (Diferença Interquartílica)		
	Aberto	P.F.*	Fechado
2ª Falange	92 (53)	188 (34)	247 (60,5)
1ª Falange	92 (52)	202,5 (55,5)	262 (53)
3º Metacarpiano	124 (93)	253 (46)	262 (48,5)

\*P.F. – Parcialmente Fechado

Os valores mínimos e máximos de visibilidade da placa de crescimento ósseo foram determinados (Tabela 2).

**TABELA 2** – Períodos mínimos e máximos (dias) das fases das placas de crescimento de ossos distais em potros da raça Crioula.

Osso	Fases da Placa de Crescimento Ósseo					
	Aberto		P.F.*		Fechado	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2ª Falange	Nasc.**	186	83	236	157	-
1ª Falange	Nasc.**	204	158	269	200	-
3º Metacarpo	Nasc.**	212	158	303	244	-

\*P.F. – Parcialmente Fechado; \*\*Nasc. – Nascimento.

O período de completa consolidação óssea da falange proximal em potros da raça Crioula ocorreu próximo ao descrito anteriormente em outras raças, onde o intervalo de fechamento fisário falangeano iniciou aos seis meses de idade, sendo sua fusão fiseal encerrada aos nove meses (CAMPBELL, 1977; ROSS E DYSON, 2003). Campbell (1977) verificou que o fechamento fisário da segunda falange ocorreu no período entre três e seis meses de idade, já Stashak (1994) descreveu o fechamento das placas fisárias falangeanas entre seis a 15 meses de vida, um intervalo amplo de aproximadamente dez meses de variação. Ambos os estudos, avaliando equinos de outras raças, apresentaram resultados diferentes do observado no presente trabalho, em que o período de desenvolvimento total das falanges de potros da raça Crioula iniciou aos seis e sete meses de idade (falanges média e proximal, respectivamente) não ultrapassando os nove meses de idade.

Dados obtidos em estudo anterior avaliando o fechamento das placas de crescimento de ossos longos em potros da raça Crioula resultaram no encerramento do desenvolvimento longitudinal do osso metacarpal terceiro entre seis e sete meses de idade (LUIZ, 2005). No presente estudo, os potros da mesma raça apresentaram consolidação do terceiro metacarpiano somente aos nove meses. O fato de resultados obtidos por outros autores indicarem períodos precoces de fechamento das epífises ósseas distais em equinos pode ser atribuído a diversos fatores, como por exemplo devido aos aparelhos radiográficos utilizados anteriormente serem de modelo convencional com revelação manual, enquanto que na presente pesquisa utilizou-se aparelho

digital com visualização computadorizada, o que permite maior nitidez e detalhamento da imagem.

Sabe-se que o processo de fechamento fisário depende de fatores como genética, nutrição e exercício (FREEMAN, 2005) e por isso períodos diferentes de consolidação óssea podem ser determinados de acordo com a raça avaliada. Ross e Dyson (2003), afirmaram que o encerramento do crescimento longitudinal do metacarpiano principal em equinos de salto ocorre entre nove e 18 meses, porém os potros da raça Crioula avaliados no presente estudo apresentaram um intervalo menor, em torno de nove meses. Esta dissemelhança de intervalos pode também ocorrer devido a diferenças de altura e taxa de crescimento entre raças, onde cavalos Crioulos são mais baixos que cavalos de salto. Allen et al (2004) descreveram que equinos de linhagens de baixa estatura apresentam o pico de desenvolvimento precoce quando comparados aos de raças com maior estatura, como puro-sangue.

A curva de crescimento da raça Crioula já foi determinada anteriormente, indicando que o pico de crescimento de equinos Crioulos ocorre próximo dos 60 dias de vida onde atingem 78,4% da altura adulta, com taxa acelerada de desenvolvimento até os seis meses, quando alcançam 82,8% da altura total (MORAES et al., 2017). Jeffcott (1991) afirma que a fase de maior crescimento de um potro ocorre até os três meses de idade. De acordo com o presente estudo, potros Crioulos apresentam as placas de crescimento ósseo distais abertas até os cinco meses de idade e, somando este resultado aos encontrados anteriormente por Moraes e colaboradores (2017) é possível indicar que o manejo corretivo ortopédico deve ser realizado sempre que necessário anteriormente aos três meses de idade, pois estão em pico de crescimento e com metabolismo fiseal acelerado, fatores que aumentam as taxas de sucesso em tratamentos. Entre o período de seis e sete meses de idade os potros do presente estudo exibiram fises falangeanas parcialmente fechadas e neste mesmo momento apresentam desaceleração de crescimento (MORAES et al., 2017), indicando que não respondem mais às modificações capsulares (STASHAK, 1994).

Nenhum potro do presente estudo apresentou doenças ortopédicas do desenvolvimento (DODs), incluindo fisites. DODs são comuns em potros estabulados, com deficiência de exercícios e/ou que recebem dieta de grãos ricos em gordura (HURTIG e POOL, 1996), fatores que também podem causar encerramento precoce do desenvolvimento longitudinal dos ossos, gerando equinos de menor estatura (FILHO e LÖF, 2007) e com ossos menos resistentes (REICH, 2005). Todos os potros avaliados no presente estudo foram criados de forma extensiva, sem restrição de exercício físico e com alimentação apenas de campo nativo (PILLAR et al, 2009) e água *ad libitum*, fatores que diminuem os riscos de falhas no desenvolvimento da estrutura esquelética (HOEKSTRA e NIELSEN, 1998; JUDEX e ZERNICKE, 2000), gerando ossos mais resistentes, com maior capacidade de suporte às alterações fisiológicas (BARNEVELD e VAN WEEREN, 1999).

O uso de tecnologia mais avançada nas coletas de dados do presente estudo, associada ao fato dos potros avaliados apresentarem-se hígidos, permitiram maior precisão na avaliação do período de obliteração fisária dos ossos distais em potros da raça Crioula.

## **Conclusão**

O momento de fechamento das placas de crescimento dos ossos distais em potros da raça Crioula foi aos nove meses de idade, onde a segunda falange foi a primeira a encerrar seu desenvolvimento longitudinal, aos 247 dias de vida e o terceiro metacarpiano o último, aos 262 dias.

Os dados apresentados neste estudo possibilitam o entendimento da fisiologia óssea e crescimento de potros da raça Crioula, auxiliando para o melhor manejo de criação e correção ortopédica desses animais.

## **Referências**

ALLEN W.R., WILSHER S., TIPLADY. C., BUTTERFIELD R.M. The Influence of maternal size on pre-and postnatal growth in the horse: III Postnatal growth. **Reproduction**. 2004, n. 127, p. 67-77.

BACK, W. Hoof and shoeing. In: W. BACK AND H.M. CLAYTON, W.B. **Equine Locomotion**, Eds: Saunders, London. 2011, 1 ed., p. 135-166.

BARNEVELD, A. e VAN WEEREN, P.R. Conclusions regarding the influence of exercise on the development of the equine musculoskeletal system with special reference to osteochondrosis. **Equine Veterinary Journal**. 1999, v.30, p.112–119.

BAXTER, G.M.; TURNER, A.S. Doenças ósseas e estruturas relacionadas. In: STASHAK, T.S. **Claudicação em equinos segundo Adams**. 5 ed. São Paulo: Roca, 2006, p. 363-416.

BRANDT, K.D.; DIEPPE, P.; RADIN, E. Etiopathogenesis of osteoarthritis. **Med Clin North Am**. 2009; 93: 1-24.

CAMPBELL, J.R. Bone growth in foals and epiphyseal compression. **Equine Veterinary Journal**, 1977, 9(3), p. 116-121.

CANTO, L. S. CORTE, F. D. L. BRASS, K. E. RIBEIRO, M. D.\_Frequência de problemas de equilíbrio nos cascos de cavalos crioulos em treinamento. **Braz. J. vet. Res. anim. Sci.**, São Paulo, 2006, v. 43, n. 4, p. 489-495.

FILHO, K.M. e LÖF, H.K. Biometria de equinos da raça Crioula no Brasil. **Archives of Veterinary Science**. 2007, v. 12, n. 1, p. 47-51.

FREEMAN, D. **Managing young horses for sound growth**. Oklahoma Cooperative 21 Extension Service (ANSI 3977). <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document2088/ANSI3977web.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

HOEKSTRA, K.E. e NIELSEN, B. Stalling young horses alters normal bone growth. **World Equine Veterinary Review**. 1998, v. 3, n. 2, p. 9-12.

HURTIG. M.B. AND POOL. R.R. Pathogenesis of equine osteochondrosis. In: C.W. MCLLWRAITH AND G.W. TROTTER, W.B. **Joint Disease in Horse**. Saunders, Philadelphia. 1996, p. 352.

JEFFCOTT, L.B. Osteochondrosis in the horse-searching for the key to pathogenesis. **Equine Veterinary Journal**. 1991. 23, 33 1-338.

JUDEX, S.; ZERNICKE, R.F. High-impact exercise and growing bone: relation between high strain rates and enhanced bone formation. **J. Appl. Physiol**. 2000, n. 88, p. 2183-2191.

KROEKENSTOEL, A.M., VAN HEEL, M.C.V., VAN WEEREN, P.R. AND BACK, W. Developmental aspects of distal limb conformation in the horse: differences with mature horses and the potential consequences of uneven feet in foals. **Equine vet. J**. 2006, n. 38, p. 652-656.

LIEBICH, H.G. e KÖNIG, H.E. Introdução e anatomia geral. In: König, H.E. e Liebich, H.G. **Anatomia dos animais domésticos**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 21-68.

LUIZ, R.C. **Anatomia radiológica da placa de crescimento dos ossos longos em potros Crioulos**. 2005. 34 f. Dissertação de Mestrado (Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MACKIE, E.J.; TATARCZUCH, L.; MIRAMS, M. The skeleton: a multi-functional complex organ. The growth plate chondrocyte and endochondral ossification. **Journal of Endocrinology**. 2011, v. 211, p. 109-121.

MORAES, B.S.S.; AMARAL, L.A.; FINGER, I.S.; MAZZINI, A.R.A.; PAZINATO, F.M.; CURCIO, B.R.; NOGUEIRA, C.E.W. Curva de crescimento em potros da Raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade. **Acta Scientiae Veterinariae**, 2017, 45:1474.

PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. Campos sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade. **Ministério do meio ambiente**. Brasília. 2009. In: <http://www.mma.gov.br/category/64-pampa>. Acesso em: 17 dez. 2018.

PIMENTEL, A.M.H.; RODRIGUES, W.B.; MARTINS, C.F.; MONTANEZ, N.R.; BOLIGON, A.A.; SOUZA, J.R.M. Gender on the growth of Criollo foals from birth to three years of age. **Ciência Rural**. Santa Maria, 2017, v. 47: 01, e20150989.

REICH, A.; JAFFE, N.; TONG, A.; LAVELIN, I.; GENINA, O.; PINES, M.; SKLAN, D.; NUSSINOVITCH, A.; MONSONEGO-ORNAN, E. Weight loading young chicks inhibits bone elongation and promotes growth plate ossification and vascularization. **J Appl Physiol**. 2005, n. 98, p. 2381–2389.

ROSS, M.W. e DYSON, S.J. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. St. Louis: Saunders, 2003, p.1140.

STASHAK, T.S. Exame de Claudicação. In: STASHAK, T.S. (Ed). **Claudicação em equinos segundo Adams**. 4.ed. São Paulo: Roca, 1994. p. 503-816.

## 7. Artigo 2

### **Desenvolvimento longitudinal da primeira falange e sua relação com biometria de talões em potros da Raça Crioula**

Analysis of the longitudinal development of the first phalanx and its relation with bead biometry

#### **Resumo**

O objetivo do presente estudo foi verificar se potros da raça Crioula apresentam desequilíbrio médio-lateral de talões e/ou desníveis entre os bordos medial e lateral da falange proximal, além de analisar se estas estruturas encontram-se relacionadas. Foram utilizados 67 potros da raça Crioula com idades entre um e 11 meses, de ambos os sexos, de quatro propriedades localizadas na região Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. Foram realizadas medidas dos talões medial e lateral através de fita métrica graduada em centímetros, além de exame radiográfico da região da quartela, para visualização e posterior mensuração dos bordos medial e lateral da primeira falange. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e teste de correlação de Spearman. Os potros Crioulos avaliados não apresentaram desequilíbrio médio-lateral de talões e nem desvios compensatórios da falange proximal. Ainda, na população avaliada, a biometria de talões não está relacionada ao desenvolvimento longitudinal da primeira falange ( $p=0,6036$ ).

**Palavras-chave:** Cavalo, casco, equilíbrio, falange, osso.

#### **Abstract**

The objective of the present study was to verify if Crioulo foals present medium-lateral imbalance of beads and / or uneven between the medial and lateral borders of the proximal phalanx, and to analyze if these structures are related. A total of 67 Crioulo foals aged between one and 11 months, of both sexes, were housed in four properties located in the southern region of Rio

Grande do Sul, Brazil. Measurements of the medial and lateral beads were performed using a tape measure graduated in centimeters, as well as radiographic examination of the fetlock region, for visualization and posterior measurement of the medial and lateral borders of the first phalanx. Data were submitted to descriptive statistical analysis and Spearman correlation test. The Crioulos colts evaluated did not present medial-lateral imbalance of beads nor compensatory deviations of the proximal phalanx. Still, in the evaluated population, the biometry of beads is not related to the longitudinal development of the first phalanx ( $p = 0.6036$ ).

**Keywords:** Horse, hoof, balance, phalanx, bone

## **Introdução**

Lesões ortopédicas são comuns em equinos e estão, na maioria dos casos, relacionadas a afecções nas extremidades distais dos membros (ROSS e McILWRAITH, 2011). Desequilíbrios da cápsula do casco são as principais causas de claudicação e grande parte dessas pode ser prevenida ou tratada com acompanhamento precoce e intensivo do sistema locomotor dos potros (O'GRADY E POUPARD, 2003).

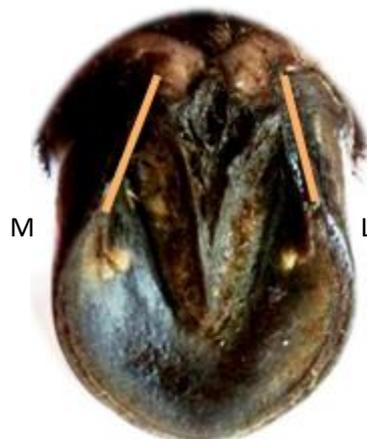
Cascos desequilibrados causam sobrecarga desuniforme das estruturas internas (MOLEMAN et al., 2005), predispondo a problemas de desenvolvimento ósseo, como desvios compensatórios das falanges, que parecem ter seu desenvolvimento ligado à morfologia capsular do casco e biomecânica exercida pelos potros no período inicial de vida (VAN WEEREN e DENOIX, 2006).

A hipótese do presente estudo é de que potros Crioulos podem apresentar desequilíbrio de talões e desvio compensatório ósseo de primeira falange por não serem submetidos ao manejo ortopédico preventivo. Desta forma, os objetivos do presente estudo foram determinar se potros da raça Crioula apresentam desequilíbrio médio-lateral de talões e/ou desvio

compensatório falangeano, além de definir se as morfologias capsular e falangeana estão associadas.

## Material e Métodos

Foram utilizados 67 potros da raça Crioula (23 machos e 44 fêmeas), mantidos em sistema extensivo de criação em quatro propriedades da região sul do Rio Grande do Sul. Os animais apresentaram idades entre um e 11 meses e durante as coletas foram mantidos em estação sobre um piso plano e regular. Foram realizadas mensurações dos talões lateral e medial do casco do membro anterior esquerdo (MAE), utilizando fita métrica graduada em centímetros (cm). O tamanho dos talões foi definido pela distância da coroa à sola na região palmar da cápsula do casco (Figura 1).



**FIGURA 1** – Vista palmar do casco do membro anterior esquerdo de um potro da raça Crioula. As linhas laranjas indicam o tamanho dos talões medial (letra M) e lateral (letra L).

Imagens radiográficas na projeção dorso-palmar do MAE na região do boleto foram feitas, utilizando aparelho de Raio-X digital e portátil do modelo Slate 3 – Cuattro, com padrão de 76kv de penetração e 1,6mAs de tempo de exposição. As superfícies lateral e medial da falange proximal foram mensuradas através do programa eFilm Lite 3.1 (MERGE™ HealthCare), obtendo os comprimentos de cada lado em centímetros. As diferenças dos lados medial e lateral, entre os talões e falange foram consideradas.

Através da ausência de distribuição normal determinada pelo teste de Kolmogorov-smirnov, foi determinado o efeito do gênero sobre as características biométricas lineares avaliadas pelo teste não paramétrico de Mann-whitney. Visto que não houve diferença entre machos e fêmeas sobre as características de talões e comprimento da primeira falange ( $p=0,8586$  e  $p=0,2566$ , respectivamente), os dados foram avaliados de forma conjunta através de análise descritiva, indicando a mediana, distância interquartílica (DI) e valores máximos e mínimos, com propósito de determinar as diferenças do desequilíbrio médio-lateral de talões e desvio compensatório da primeira falange. A relação entre o desequilíbrio de talões e a biometria linear falangeana foi determinada utilizando o teste de correlação de Spearman. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software spss 20.0, considerando um nível mínimo de confiança estatística de 95%, sendo considerada diferença quando  $p \leq 0,05$ .

## Resultados e discussão

As diferenças entre altura de talões medial e lateral (DAT) e entre o comprimento longitudinal dos bordos medial e lateral da primeira falange (DBF) foram determinados (Tabela 1).

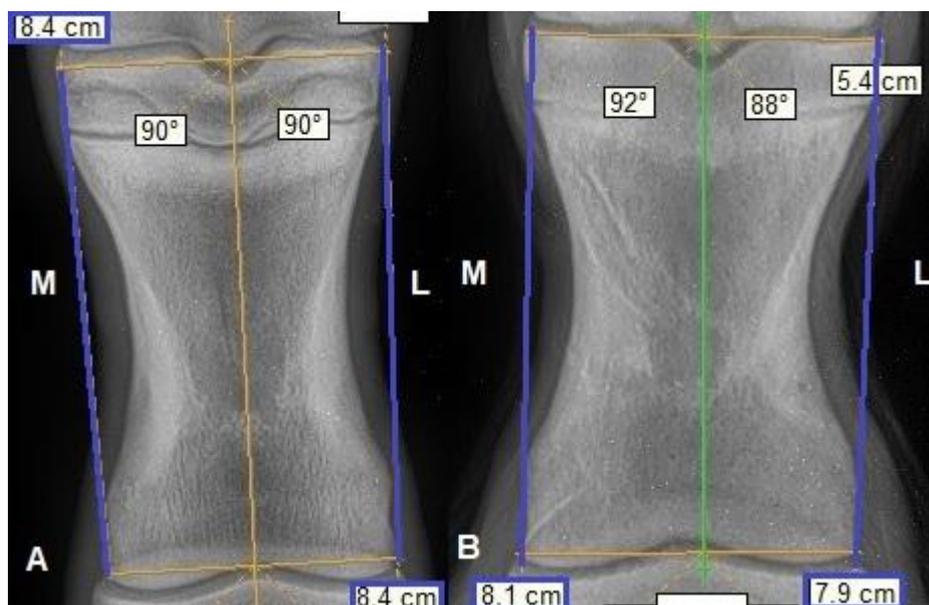
**TABELA 1** - Análise descritiva de diferença entre alturas de talões e biometria linear (cm) de desenvolvimento longitudinal da falange proximal.

Características	Mediana	†DI	Mínimo	Máximo
‡DAT	0,3	0,4	0	1,0
§DBF	0,2	0,1	0	0,5

†DI: Diferença Interquartílica; ‡DAT: Diferença de altura entre talões; §DBF: Diferença de altura dos bordos medial e lateral da primeira falange.

Geralmente apenas a inspeção visual é utilizada para determinação da conformação dos cascos e membros de equinos, porém, para definição objetiva da existência ou não de desequilíbrios do sistema locomotor, o método radiográfico se torna indispensável, por promover uma forma quantitativa de análise conformacional (GRAIG et al., 2001). No presente estudo, através de

realização de exame de raio-x dorso-palmar da região da quartela, pôde-se observar de forma clara os bordos proximais e distais da primeira falange, permitindo sua mensuração (Figura 2).



**FIGURA 2** – Imagem radiográfica da primeira falange de um potro aos cinco meses de idade (A) e de um aos sete meses de idade (B), com mensurações em centímetros (linhas azuis) dos bordos lateral (indicado com a letra ‘L’ nas imagens) e medial (indicado com a letra ‘M’ nas imagens). Na imagem A ambos os lados apresentam 8,4cm de comprimento, enquanto que na imagem B, o lado medial apresenta-se 0,2cm maior que o lateral.

A mediana das diferenças entre talão medial e lateral dos potros avaliados no presente estudo foi de 0,3cm, próxima à verificada por Souza et al. (2017) que avaliaram a biometria natural do casco de 46 potros da raça Crioula até os oito meses de idade e concluíram que estes apresentavam equilíbrio médio-lateral dos talões, visto a diferença ser menor do que 0,5cm, medida estabelecida por Turner (1992) como indicativa de desnível podal. Ainda, os potros do presente estudo também não apresentaram desvios compensatórios da primeira falange, onde a diferença entre os bordos lateral e medial foram de aproximadamente 0,2cm. O alinhamento falangeano é ideal para função mecânica e alterações nesse sentido são prejudiciais à futura vida atlética,

causando distribuição irregular de cargas nas estruturas músculo-esqueléticas adjacentes, gerando claudicações importantes nos membros torácicos (PAGE e HAGEN, 2002).

Não houve associação entre as diferenças de talão e bordos da falange proximal ( $p=0.6036$ ), resultado este que corrobora com o encontrado por Kaneps et al. (1998) onde não foi observada interação entre alterações falangeanas e modificações capsulares do casco em potros. Em potros com deformidades angulares, dentre outras técnicas indicadas para alinhamento ósseo, o casqueamento corretivo ainda é considerado terapia de eleição, visto que a conformação do membro distal pode ser manipulada durante os primeiros meses de vida através deste manejo ortopédico (KROEKENSTOEL et al., 2006). Porém, de acordo com os dados obtidos no presente estudo, os potros não apresentaram desequilíbrios de talões, nem desvios compensatórios da falange proximal, além de não haver associação significativa entre as estruturas, demonstrando que a falta de interferência humana corretiva nos primeiros meses de vida dos potros avaliados não influenciou de forma negativa no desenvolvimento dos mesmos.

Cruz et al. (2006) determinaram que cavalos adultos não apresentaram a biometria da falange distal relacionada às diferenças morfométricas da cápsula do casco, neste caso, possivelmente pela consolidação óssea já estabelecida. Os potros do presente estudo poderiam apresentar esta interação entre estruturas visto que estão em período de crescimento, com fises ósseas abertas, porém, tal associação não foi observada.

Os resultados desse estudo somados aos encontrados por Souza et al. (2017) indicam que potros da raça Crioula criados de forma livre não apresentam desníveis de talões durante os primeiros meses de vida. Apesar de potros Crioulos possuírem pouco mais de 70% de sua altura adulta já aos três meses de idade (MORAES et al., 2017), acredita-se que não ocorra sobrecarga de estruturas distais, pois o desenvolvimento longitudinal da primeira falange também se mostrou equilibrado. Todos os animais avaliados foram mantidos em sistema extensivo de criação, alimentando-se de campo nativo e água *ad libitum*, fator que possivelmente auxiliou no correto desenvolvimento ósseo

falangeano desses, devido a potros livres apresentarem ossos mais resistentes, com maior capacidade de suporte em alterações fisiológicas, diminuindo o risco de desvios compensatórios e outras deformações ósseas (BARNEVELD e VAN WEEREN, 1999).

## **Conclusão**

Os potros da raça Crioula avaliados neste estudo não apresentaram desequilíbrios médio-laterais de talões nem desvios compensatórios da falange proximal. Ainda, não houve associação entre a biometria dos talões e o desenvolvimento longitudinal da primeira falange. A ausência de manejo corretivo nos primeiros meses de vida não interferiu de forma negativa no desenvolvimento longitudinal da primeira falange ou no equilíbrio capsular do casco.

## **Referências**

BARNEVELD, A. e VAN WEEREN, P.R. Conclusions regarding the influence of exercise on the development of the equine musculoskeletal system with special reference to osteochondrosis. **Equine Veterinary Journal**. 1999, v.30, p.112–119.

CRUZ, C.D.; THOMASON, J.J.; FARAMARZI, B.; BIGNELL, W.W.; SEARS, W.; DOBSON, H.; KONYER, N.B. Changes in shape of the Standardbred distal phalanx and hoof capsule in response to exercise. **Equine and Comparative Exercise Physiology**. 2006, v.3, p.199-208.

GRAIG, J.; CRAIG, M.; WELTNER, T. Quantifying conformation of the equine digit from latero-medial radiographs, In: **Proceedings of the 21st Annual Association for Equine Sports Medicine Conference**, Sacramento, 2001.

KANEPS, A.J.; O'BRIEN, T.R.; WILLITS, N.H.; DYKES, J.E.; STOVER, S.M. Effect of hoof trimming on the occurrence of distal phalangeal palmar process fractures in foals. **Equine Vet. J.** 1998, v.26, p. 36-45.

KROEKENSTOEL, A.M.; VAN HEEL, M.C.V.; VAN WEEREN, P.R.; BACK, W. Developmental aspects of distal limb conformation in the horse: differences with mature horses and the potential consequences of uneven feet in foals. **Equine vet. J.** 2006, v. 38, p.652-656.

MOLEMAN, M.; VAN HEEL, M.C.V.; VAN WEEREN, P.R.; BACK, W. Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase of the moment on the distal, but not on the proximal interphalangeal joint. **Equine vet. J.** 2005, v.38, p.170-174.

MORAES, B.S.S.; AMARAL, L.A.; FINGER, I.S.; MAZZINI, A.R.A.; PAZINATO, F.M.; CURCIO, B.R.; NOGUEIRA, C.E.W. Curva de crescimento em potros da Raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade. **Acta Scientiae Veterinariae**, 2017, v.45, p.1474.

O'GRADY, S.E. e POUPARD, D.A. Proper physiologic horseshoeing. **The Veterinary Clinics of North America Equine Practice**. 2003, v.19, p.333–351.

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

ROSS, M. e McILWRAITH, C. Conformation and Lameness. In: ROSS, M.W. & DYSON, S.J., **Diagnosis and Management of Lameness in the Horse**. 2<sup>a</sup> Ed, Saunders, 2011, p. 15-32.

SOUZA, J.R.M.; PIMENTEL, A.M.H.; FOLLE, V.A.; PFEIFER, J.P.H.; SCHUSTER, A.B.G.; SEGABINAZZI, L.G.T.M.; LAU, L.C.; MARTINS, C.F. Morphometric changes in the hoof capsule of Criollo foals from birth to weaning. **Ciência Rural**, Santa Maria. 2017, v.47, n.07, e20160945.

TURNER, T. A. The use of hoof measurements for the objective assessment of hoof balance. American Association of Equine Practitioners Annual Convention. Lexington: **Proceedings of the American Association of Equine Practitioners**, 1992.

VAN WEEREN, P. R. e DENOIX, N.C.. Equine conformation: clues to performance and soundness? **Equine Veterinary Journal**. 2006, v.38, n.7, p.591-6.

## **8. Considerações Finais**

Os estudos que compõe esta dissertação foram desenvolvidos a partir da necessidade de maiores informações relacionadas à fisiologia óssea e desenvolvimento ortopédico de potros da Raça Crioula. Estudos em outras raças já foram realizados determinando o momento de fechamento da placa de crescimento ósseo em potros e, com isso, inferindo o momento ideal de realização de manejo corretivo. Porém, o estudo dos ossos distais ainda não havia sido realizado em potros Crioulos. Ainda, devido a falta de manejo ortopédico na criação de potros desta raça, surgiu a hipótese de que estes poderiam apresentar remodelação óssea distal e/ou desequilíbrios na cápsula do casco. Visto a carência de informações nesta raça, justificou-se a pesquisa.

Foi verificado que a completa consolidação dos ossos terceiro metacarpiano, primeira e segunda falanges ocorreu cerca dos nove meses de idade. Ainda, a consolidação da segunda falange iniciou aos seis meses, enquanto que da primeira somente aos sete.

Na avaliação de altura de talões e desenvolvimento da primeira falange, não foi determinado desequilíbrios podais nos potros avaliados. Ainda, a estrutura óssea não apresentou associação com a biometria de talões, indicando que a falta do manejo ortopédico nos potros avaliados não interferiu de forma negativa no equilíbrio podal dos mesmos.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFORD, A.; HANKENSON, K.D. Matricellular proteins: Extracellular modulators of bone development, remodeling and regeneration. **Bone**. 2006, v. 38, n. 6, p. 749-755.

ALLEN W.R., WILSHER S., TIPLADY. C., BUTTERFIELD R.M. The Influence of maternal size on pre-and postnatal growth in the horse: III Postnatal growth. **Reproduction**. 2004, n. 127, p. 67-77.

AMARAL, L.A.; MARCHIORI, M.; FINGER, I.S.; SANTOS, R.S.; MORAES, B.S.S.; NOGUEIRA, C.E.W. Relação entre acúmulo de gordura e lesões osteoarticulares em potros da categoria incentivo e potros a campo. **Anuário da Raça Crioula**. 2014, v. 54(51), p. 342-343.

ANDERSON, H.C. Matrix vesicles and calcification. **Curr Rheumatol Rep**. 2003, v.5, p.222–226.

ANDIA, D.C.; CERRI, P.S.; SPOLIDORIO, L.C. Tecido ósseo: aspectos morfológicos e histofisiológicos. *Revista de Odontologia da UNESP*. 2006, 35(2), p. 191-198.

BAILEY, D.A.; FAULKNER, R.A.; MCKAY, H.A. Growth, physical activity, and bone mineral acquisition. **Exerc Sport Sci Rev** 1996, v.24, p.233–266.

BAXTER, G.M.; TURNER, A.S. Doenças ósseas e estruturas relacionadas. In: STASHAK, T.S. **Claudicação em equinos segundo Adams**. 5 ed. São Paulo: Roca, 2006, p. 363-416.

BIANCO, P.; CANCEDDA, F.D.; RIMINUCCI, M.; CANCEDDA, R. Bone formation via cartilage models: the “borderline” chondrocyte. **Matrix Biol**. 1998, v.17, p.185–192.

BONEWALD, L.F. e JOHNSON, M.L. Osteocytes, mechanosensing and Wnt signaling. **Bone**. 2008, 42(4), p. 606-615.

BORNSTEIN, P.H. e SAGE, E.H. Matricellular proteins: extracellular modulators of cells function. **Curr Opin Cell Biol.** 2002, v. 14, p. 608-616.

BUDRAS, K.; SACK, W.O.; RÖCK, S. Thoracic limb. In: BUDRAS, K.; SACK, W.O.; RÖCK, S. **Anatomy of the Horse.** Hannover:Schlütersche. 2009, cap. 2, p. 4-14.

CAMPBELL, J.R. Bone growth in foals and epiphyseal compression. **Equine Veterinary Journal,** 1977, 9(3), p. 116-121.

CANCEDDA, R.; CANCEDDA, F.D.; CASTAGNOLA, P. Chondrocyte differentiation. **Int Rev Cytol.** 1995, v. 159, p.265–358.

CANOLA, J. C. MARQUES, J. A. MARCORIS, D. G. CATTELAN, J. W. MORAES, A. T. B. Deformidade valgo do carpo em potros. Estudo radiográfico das alterações morfológicas e geométricas e avaliação da técnica de transecção hemicircunferencial do perióstio no tratamento de 84 casos. **Veterinária Notícias,** Uberlândia. 1997, v.3, n.1, p. 51-60.

CAWSTON, T.E. e YOUNG, D.A. Proteinases involved in matrix turnover during cartilage and bone breakdown. **Cell Tissue Research.** 2010, v.339, p.221–235.

CERRI, P.S.; BOABAID, F.; KATCHBURIAN, E. Combined TUNEL and TRAP methods suggest that apoptotic bone cells are inside vacuoles of alveolar bone osteoclasts in young rats. **J Periodontal Res.** 2003, n. 38, p. 223-226.

CHEN, X.; TIAN, H.M.; YU, X.J. Bone delivers its energy information to fat and islets through osteocalcin. **Orthop Surg.** 2012, v. 4, p. 114-117.

DECKERS, M.M.; VAN BEEK, E.R.; VAN DER PLUIJM, G.; WETTERWALD, A.; VAN DERWEE- PALS, L.; CECCHINI, M.G.; PAPAPOULOS, S.E.; LOWIK, C.W. Dissociation of angiogenesis and osteoclastogenesis during endochondral bone formation in neonatal mice. **Journal of Bone and Mineral Research.** 2002, v.17, p.998–1007.

FASANO, A.; HERRERO, M.A.; LÓPEZ, J.M.; MEDINA, E. On the dynamics of the growth plate in primary ossification. **Journal of Theoretical Biology**. 2010, v.265, p. 543-553.

FIELD, R.A. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures. **Meat Science**. 2000, v.55, n.3, p. 255-264.

FILHO, K.M. e LÖF, H.K. Biometria de equinos da raça Crioula no Brasil. **Archives of Veterinary Science**. 2007, v. 12, n. 1, p. 47-51.

FIRTH, E.C.; ROGERS, C.W.; VAN WEEREN, P.R.; BARNEVELD, A.; McILWRAITH, C.W.; KAWCAK, C.E.; GOODSHIP, A.E.; SMITH, R.K.W. Mild exercise early in life produces changes in bone size and strength but not density in proximal phalangeal, third metacarpal and third carpal bones of foals. **The Veterinary Journal**. 2011, v.190, p.383-389.

FIRTH, E.C.; ROGERS, C.W.; VAN WEEREN, P.R.; BARNEVELD, A.; McILWRAITH, C.W.; KAWCAK, C.E.; GOODSHIP, A.E.; SMITH, R.K.W. The effect of previous conditioning exercise on diaphyseal and metaphyseal bone to imposition and withdrawal of training in young Thoroughbred horses. **The Veterinary Journal**. 2012, v.192, p.34-40.

FREEMAN, D. **Managing young horses for sound growth**. Oklahoma Cooperative 21 Extension Service (ANSI 3977). <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document2088/ANSI3977web.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

GETTY, R.; SISSON, S.; GROSSMAN, J.D. **Anatomia dos animais domésticos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. 2v, vol.1.

GONZALES, E. e SARTORI, J.S. Crescimento e metabolismo muscular. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. **Jaboticabal:FUNEP/UNESP**. 2002, p.279-298.

HELMINEN, H.J.; HYTTINEN, M.M.; LAMMI, M.J.; AROKOSKI, J.P.A.; LAPVETELAINEN, T.; JURVELIN, J.; KIVIRANTA, I.; TAMMI, M.I.; Regular joint

loading in youth assists in the establishment and strengthening of the collagen network of articular cartilage and contributes to the prevention of osteoarthritis later in life: a hypothesis. **Journal of Bone and Mineral Metabolism**. 2000, v.18, p.245–257.

HENN, J.D. **Bioquímica do tecido ósseo**. Seminário na disciplina de Bioquímica do Tecido Animal – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

HENRIKSEN, K. et al. Local communication on and within bone controls bone remodelling. **Elsevier Bone**. 2009, 44, p.1026-10.

HINTZ, H.F.; HINTZ, R.L.; VAN VLECK, L.D. Growth rate of Thoroughbreds: Effect of age of dam, year and month of birth, sex of foal. **J. Anim. Sci**. 1979, v.48, p.480.

HOWELL, D.S. e DEAN, D.D. The biology, chemistry, and biochemistry of the mammalian growth plate. In: COE, F.L. E FAVUS, M.J. **Disorders of Bone and Mineral Metabolism**. Raven Press, New York, 1992, p. 313-353.

HUNTER, W.L. e ARSENAULT, A.L. Vascular invasion of the epiphyseal growth plate: Analysis of metaphyseal capillary ultrastructure and growth dynamics. **Anat. Rec**. 1990, v.227, p.223-231.

HUNZIKER, E.B. Mechanism of longitudinal bone growth and its regulation by growth plate chondrocytes. **Microscopy Research an Technique**. 1994, v.28, p. 505-519.

INADA, M.; WANG, Y.; BYRNE, M.H.; RAHMAN, M.U.; MIYAURA, C.; LOPEZ-OTIN, C.; KRANE, S.M. Critical roles for collagenase-3 (Mmp13) in development of growth plate cartilage and in endochondral ossification. **PNAS**. 2004, v.101, p.17192–17197.

INGRAM, R.T.; CLARKE, B.L.; FISCHER, L.W.; FITZPATRICK, L.A. Distribution of noncollagenous proteins in the matrix of adult human bone:

evidence of anatomic and functional heterogeneity. **J Bone Miner Res.** 1993, v.8, n.9, p. 1019-1029.

ISAKSSON, O.G.; NILSSON, A.; ISGAARD, J.; LINDAHL, A. Cartilage as a target tissue for growth hormone and insulin-like growth factor I. **Acta Paediatr. Scand.** 1990, v. 367, p.137-141.

JOHNSTON, C. e BACK, W. Hoof ground interaction: when biomechanical stimuli challenge the tissues of the distal limb. **Equine Veterinary Journal**, n. 38 (7), p. 634-641, 2006.

JUDAS, F.; PALMA, P.; FALACHO, R.I.; FIGUEIREDO, H. **Estrutura e dinâmica do tecido ósseo.** Texto de apoio para os alunos do mestrado integrado em medicina – Disciplina de ortopedia. Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. Mar. 2012, 51 p.

JUNQUEIRA, L.C. e CARNEIRO, J. Tecido ósseo. In: Junqueira LC, Carneiro J. **Histologia básica.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2004. p. 111-128.

KAINER, R.A. Anatomia funcional do aparelho locomotor. In: STASHAK, T.S. **Claudicação em equinos segundo Adams.** 5 ed. São Paulo: Roca, 2006, p. 01-54.

KATCHBURIAN, E. e CERRI, P.S. Formação e destruição óssea. In: CARDOSO, R.J.A. e GONÇALVES, E.A.N. **Cirurgia para implantes.** São Paulo: Artes Médicas; 2002. p. 437-45.

KERBER, C.E. Métodos para avaliação da mineralização óssea de equinos em crescimento. **Revista de Educação Continuada do CRMV-SP**, São Paulo. 1999, v.2, fasc. 1, p.17-25.

KIERSZENBAUM, A.L. **Histologia e Biologia Celular.** In: KIERSZENBAUM, A.L., Editor. Tradução da 2ª Edição ed: Mosby-Elsevier; 2008, p. 136-59.

KIRSCH, T. Determinants of pathological mineralization. **Current Opinion in Rheumatology.** 2006, v.18, p.174–180.

KRAKOW, D. E RIMOIN, D.L. The skeletal dysplasias. **Genetics in Medicine**. 2010, v.12, p. 327–341.

LEWIS,L.D. **Feeding and care of the horse**, Philadelphia: Lea&Febiger, 1982.

LIEBICH, H.G. e KÖNIG, H.E. Introdução e anatomia geral. In: König, H.E. e Liebich, H.G. **Anatomia dos animais domésticos**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 21-68.

LIRANI, A.P.R. **Estudo comparativo dos efeitos do ultrassom e do laser de baixa intensidade no reparo ósseo de tíbia de rato**. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004, 109 p.

LUIZ, R.C. **Anatomia radiológica da placa de crescimento dos ossos longos em potros Crioulos**. 2005. 34 f.Dissertação de Mestrado (Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. **Jaboticabal:FUNEP/UNESP**. 1994, p.246.

MACKIE, E.J. Osteoblasts: novel roles in orchestration of skeletal architecture. **Int J Biochem Cell Biol**. 2003, 35, p. 1301-1305.

MACKIE, E.J.; TATARCZUCH, L.; MIRAMS, M. The skeleton: a multi-functional complex organ. The growth plate chondrocyte and endochondral ossification. **Journal of Endocrinology**. 2011, v. 211, p. 109-121.

MAEDA, Y.; NAKAMURA, E.; NGUYEN, M.T.; SUVA, L.J.; SWAIN, F.L.; RAZZAQUE, M.S.; MACKEM, S.; LANSKE, B. Indian hedgehog produced by postnatal chondrocytes is essential for maintaining a growth plate and trabecular bone. **PNAS**. 2007, v. 104, p. 6382–6387.

MANOLAGAS, S.C. Birth and death of bone cells: basic regulatory mechanisms and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis. **Endocr Rev**. 2000, 21, p. 115-37.

McILWRAITH, C.W; TROTTER, G.W. Clinical features and diagnosis of equine joint disease. In: McILWRAITH, C.W; TROTTER, G.W. (Eds). **Joint disease in the horse**. Philadelphia: Saunders, 1996. p.120-144.

MININA, E.; WENZEL, H.M.; KRESCHEL, C.; KARP, S.; GAFFIELD, W.; MCMAHON, A.P.; VORTKAMP, A. BMP and Ihh/PTHrP signaling interact to coordinate chondrocyte proliferation and differentiation. **Development**. 2001, v. 128, p. 4523–4534.

MORAES, B.S.S.; AMARAL, L.A.; FINGER, I.S.; MAZZINI, A.R.A.; PAZINATO, F.M.; CURCIO, B.R.; NOGUEIRA, C.E.W. Curva de crescimento em potros da Raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade. **Acta Scientiae Veterinariae**, 2017, v.45, p.1474.

MUNDY, G.R. Inflammatory mediators and the destruction of bone. **J Periodontal Res**. 1991, 26, p. 213-217.

MURAKAMI, A.E. **Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos**. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola, p. 33-61, 2000.

NIJWEIDE, P.J. et al. The osteocyte. In: BILEZIKIAN, J.P.; RAISZ, L.G., RODAN. **Principles of bone biology**. Second edition, Academic Press. 2002, 6, p. 93-107.

NILSSON, O.; MARINO, R.; DE LUCA, F.; PHILLIP, M.; BARON, J. Endocrine regulation of the growth plate. **Hormone Research**. 2005, v. 64, p. 157–165.

NOBLE, B. Microdamage and apoptosis. **Eur J Morphol**. 2005, 42, p. 91-98.

OLDBERG, A.; FRANZEN, A.; HEINEGARD, D. Cloning and sequence analysis of rat bone sialoprotein (osteopontin) cDNA reveals an Arg-Gly-Asp cell-binding sequence. **Proc Natl Acad Sci USA**. 1986, v. 83, n. 23, p. 8819-8823.

ORNITZ, D.M. FGF signaling in the developing endochondral skeleton. **Cytokine & Growth Factor Reviews**. 2005, v.16, p. 205–213.

ORSINI, J.A. A fresh look at the process of arriving at a clinical prognosis. Part 4: fractures. **Journal of Equine Veterinary Science**. 2012, v. 32, n. 3, p. 129-138.

PAGAN, J.D. The incidence of developmental orthopedic disease (DOD) on a Kentucky Thoroughbred farm. In: PAGAN, J.D. **Advances in Equine Nutrition**. Nottingham University Press, Nottingham, U.K. 1998, p. 469-475.

PASS, C.; MACRAE, V.E.; AHMED, S.F.; FARQUHARSON, C. Inflammatory cytokines and the GH/IGF-I axis: novel actions on bone growth. **Cell Biochemistry and Function**. 2009, v. 27, p. 119–127.

PIMENTEL, A.M.H.; RODRIGUES, W.B.; MARTINS, C.F.; MONTANEZ, N.R.; BOLIGON, A.A.; SOUZA, J.R.M. Gender on the growth of Criollo foals from birth to three years of age. **Ciência Rural**. Santa Maria, 2017, v. 47: 01, e20150989.

POLLITT, C. C. Clinical anatomy and physiology of the normal equine foot. **Equine Veterinary Education**. 1992, v. 4, n. 5, p. 219-2224.

RAISZ, L.G. e RODAN, G.A. Embriology and cellular biology of bone. In: AVIOLI, L.V. e KRANE, S.M. **Metabolic bone diseases and clinically related disorders**. San Diego: Academic Press; 1998. p. 1-22.

REICH, A.; JAFFE, N.; TONG, A.; LAVELIN, I.; GENINA, O.; PINES, M.; SKLAN, D.; NUSSINOVITCH, A.; MONSONEGO-ORNAN, E. Weight loading young chicks inhibits bone elongation and promotes growth plate ossification and vascularization. **J Appl Physiol**. 2005, n. 98, p. 2381–2389.

ROSS, M.H. e ROWRELL, L.J. **Histologia – Texto e Atlas**. 2ª Ed, São Paulo: Média Panamericana, 779 p, 1993.

ROSS, M.W.; DYSON, S.J. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. St. Louis: Saunders, 2003, p.1140.

SCHILLING, et al. Osteoclasts and biomaterials. **European Journal of trauma**. 2006, vol 1, p. 107-113.

SCHIPANI, E.; RYAN, H.E.; DIDRICKSON, S.; KOBAYASHI, T.; KNIGHT, M.; JOHNSON, R.S. Hypoxia in cartilage: HIF-1<sub>α</sub> is essential for chondrocyte growth arrest and survival. **Genes Dev.** 2001, v.15, p. 2865–2876.

SHAO, Y.Y.; WANG, L.; BALLOCK, R.T. Thyroid hormone and the growth plate. **Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders.** 2006, v. 7, p. 265–271.

SHIMO, T.; GENTILI, C.; IWAMOTO, M.; WU, C.; KOYAMA, E.; PACIFICI, M. Indian hedgehog and syndecans-3 coregulate chondrocyte proliferation and function during chick limb skeletogenesis. **Dev. Dyn.** 2004, v. 229, p. 607–617.

SODEK, J. e MCKEE, M.E. Molecular and cellular biology of alveolar bone. **Periodontology.** 2000, 24, p. 99-126.

STASHAK, T.S. Exame de Claudicação. In: STASHAK, T.S. (Ed). **Claudicação em equinos segundo Adams.** 4.ed. São Paulo: Roca, 1994. p. 503-816.

STEVENS, D.A.; HASSERJIAN, R.P.; ROBSON, H.; SIEBLER, T.; SHALET, S.M.; WILLIAMS, G.R. Thyroid hormones regulate hypertrophic chondrocyte differentiation and expression of parathyroid hormone-related peptide and its receptor during endochondral bone formation. **Journal of Bone and Mineral Research.** 2000, v. 15, p. 2431–2442.

STEVENSON, S.; HUNZIKER, E.B.; HERRMANN, W.; SCHENK, R.K. Is longitudinal bone growth influenced by diurnal variation in the mitotic activity of chondrocytes of the growth plate? **J. Orthop. Res.** 1990, v.8, p.132-135.

SWENSON, M.J. (Ed.) DUKES. **Fisiologia dos animais domésticos.** 10<sup>a</sup> Ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 799p. 1988.

VAN WEEREN, P.R.; BRAMA, P.A.J.; BARNEVELD, A. Exercise at young age may influence the final quality of the equine musculoskeletal system. **Proc. Am. Ass. equine Practnrs.** 2000, v.46, p.29-35.

VU, T.H.; SHIPLEY, J.M.; BERGERS, G.; BERGER, J.E.; HELMS, J.A.; HANAHAN, D.; SHAPIRO, S.D.; SENIOR, R.M.; WERB, Z. MMP-9/gelatinase B

is a key regulator of growth plate angiogenesis and apoptosis of hypertrophic chondrocytes. **Cell**. 1998, v. 93, p. 411–422.

WANG, L.; SHAO, Y.Y.; BALLOCK, R.T. Thyroid hormone interacts with the Wnt/beta-catenin signaling pathway in the terminal differentiation of growth plate chondrocytes. **Journal of Bone and Mineral Research**. 2007, v. 22, p. 1988–1995.

YOON, B.S.; POGUE, R.; OVCHINNIKOV, D.A.; YOSHII, I.; MISHINA, Y.; BEHRINGER, R.R.; LYONS, K.M. BMPs regulate multiple aspects of growth-plate chondrogenesis through opposing actions on FGF pathways. **Development**. 2006, v. 133, p. 4667–4678.

ZELZER, E.; MAMLUK, R.; FERRARA, N.; JOHNSON, R.S.; SCHIPANI, E.; OLSEN, B.R. VEGFA is necessary for chondrocyte survival during bone development. **Development**. 2004, v. 131, p. 2161–2171.