

ADRIANA VÍVIAN COSTA ARAUJO



**DENSITOMETRIA ÓPTICA RADIOGRÁFICA EM EQUINOS
DA MICRORREGIÃO DA BAIXADA MARANHENSE**

**SÃO LUIS – MA
2013**

ADRIANA VÍVIAN COSTA ARAUJO

**DENSITOMETRIA ÓPTICA RADIOGRÁFICA EM EQUINOS
DA MICRORREGIÃO DA BAIXADA MARANHENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência Animal da
Universidade Estadual do Maranhão –
UEMA, para obtenção de título de Mestre em
Ciência Animal

Departamento: Clínicas

Área de Concentração: Conservação e reprodução animal

Orientador: Prof. Dr. Porfírio Candanedo Guerra

**SÃO LUIS – MA
2013**

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: ARAÚJO, *Adriana Vívian Costa*

Título: Densitometria óptica radiográfica em equinos da microrregião da baixada maranhense

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, para obtenção de título de Mestre em Ciência Animal

Data: ____/____/ 2013

Banca Examinadora

Prof. Dr. Porfírio Candanedo Guerra

Instituição: UEMA

Assinatura _____ **Avaliação:** _____

Prof. Dr. Flávio Ribeiro Alves

Instituição: UFPI

Assinatura _____ **Avaliação:** _____

Prof. Dr. Rudson Almeida de Oliveira

Instituição: UEMA

Assinatura _____ **Avaliação:** _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Marcone e Célia, pelo amor, respeito e apoio incondicional durante este período;

A minha sobrinha/filha Celiny, pela demonstração dia a dia de um amor puro e sincero; pelo aprendizado, mesmo que aos tropeços, de como ser mãe e todas as responsabilidades que esta função magnífica exige;

Ao meu irmão, Marcone Junior, pelo apoio, incentivo e amizade;

Aos animais, por quem tenho grande amor e respeito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e por todos os dias abençoados;

Ao meu Orientador Prof. Dr. Porfírio Candanedo Guerra, pelo apoio, oportunidade e confiança;

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Vulcano, pelo apoio com materiais e disponibilidade na UNESP – Botucatu;

Ao Prof. Dr. Rudson Almeida de Oliveira pela essencial ajuda na estatística deste trabalho;

À Prof. Dr^a. Ana Clara Gomes, pelas explicações ao interpretar os resultados estatísticos;

Ao Prof. Dr. Francisco Carneiro, pelo incentivo em trabalhar com tais animais e pelo contato de alguns tratadores;

Ao meu amigo da graduação Danillo Brenno, que esteve sempre comigo nas coletas, sempre muito disposto a ajudar;

Aos demais amigos da graduação Diego Moraes, Mayra e Emerson, que tiveram sua contribuição na execução deste trabalho;

Ao meu querido amigo Edvaldo Filho, que cedeu abrigo para as coletas em Viana, companheiro desde a graduação por quem estimo grande respeito e admiração;

A minha amiga Elzivânia, onde tive oportunidade de conhecer mais de perto no mestrado, pela amizade, desabafos e companheirismo;

Aos demais amigos de mestrado, Inaldo, Alessandra, Vanessa, Francineto, Tássia, Sônia, Valéria: aos que já conhecia, foi um prazer conviver mais este período, aos que não conhecia foi um prazer enorme compartilhar alguns momentos durante esta jornada;

Ao técnico de laboratório do laboratório de Patologia Clínica do curso de Medicina Veterinária da UEMA, Carlos e sua esposa Terezinha, pelo apoio e ensinamentos na leitura dos exames bioquímicos;

Aos proprietários de animais, obrigada pela paciência e boa vontade;

Aos tratadores de animais, em especial ao Sr. Lilico, pela paciência, disponibilidade e boa vontade, em buscar os animais em outras propriedades e ainda ajudar a contê-los nas coletas, tarefa nada fácil;

Ao programa de mestrado em Ciência Animal pela oportunidade;

À FAPEMA, pela concessão da bolsa durante os dois anos de mestrado;

À UEMA, pelo acolhimento todos esses anos a quem devo minha formação profissional.

*"A grandeza de uma nação pode ser julgada
pelo modo que seus animais são tratados."*

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho determinar a densidade mineral (DMO) do osso acessório do carpo utilizando densitometria óptica radiográfica (DOR) em equinos do grupamento baixadeiro e correlacionar os valores de DMO com sexo, idade, cálcio, fósforo e fosfatase alcalina. Para determinar o grau de fechamento da epífise distal do rádio, utilizou-se 60 animais, divididos em dois grupos de acordo com o sexo com idade entre 18 e 30 meses, sob regime de criação ultra-extensivo. Para tanto seguiu-se a metodologia empregada por Stashak, 2002, que classifica o grau de fechamento segundo a fase do desenvolvimento da placa. Utilizamos aparelho portátil, modelo FNX Jockey 90, chassi, écrans e filme de tamanho 24x30cm, projeção crânio-caudal do e revelação manual. Para a determinação dos valores da DMO do osso acessório do carpo em mmAl, outros 60 animais foram radiografados, utilizando-se mesmo equipamento, em projeção látero-medial. Foi adaptado ao chassi um suporte confeccionado de madeira e acoplado uma escala de alumínio com 25 degraus de 3mm cada. As imagens radiográficas foram digitalizadas utilizando scanner modelo Microtek ScanMaker 1000XL PRO e analisadas por programa Cromox v 3.1 Vet Athena SAI – Sistema de Inteligência Avançada – (c) 2013. Para o estudo bioquímico, foi coletado 5 ml de sangue de cada animal, esse material foi processado e analisado utilizando testes específicos, seguindo as instruções do fabricante. Os valores obtidos neste estudo foi $2,86\pm 0,47$ mmAl em machos e $3,20\pm 0,77$ em, fêmeas, não havendo diferença significativa entre sexo, macrominerais e enzima estuda mas sim quanto à idade dos animais. O fechamento da placa epifisária foi de 26,7 meses para machos e 24,5 nas fêmeas.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the mineral density (BMD) of the accessory carpal bone using X-ray bone densitometry (DOR) in horses and the grouping Baixadeiro BMD values correlate with gender, age, calcium, phosphorus and alkaline phosphatase. To determine the degree of closure of the epiphysis of the distal radius, we used 60 animals were divided into two groups according to sex and aged between 18 and 30 months, under the regime of creating ultra-extensive. To this end followed by Stashak methodology 2002 that ranks the degree of closing the second phase of the development of plaque. We use portable, model FNX Jockey 90, chassis, displays and film size 24x30cm, craniocaudal projection and disclosure manual. To determine the values of BMD of the accessory carpal bone in mmAl, another 60 animals were radiographed, using the same equipment, projection lateromedial. It was adapted to a support frame made of wood and an aluminum coupled with 25 steps of each 3 mm. Radiographs were digitized using scanner Microtek ScanMaker 1000XL PRO model to be analyzed by Cromox v3.1 Vet Athena SAI - Advanced Intelligence System - (c) 2013. For the biochemical study was collected 5 mL of blood from each animal, this material was processed and analyzed using specific tests, following the manufacturer's instructions. The values obtained in this study was 2.86 ± 0.47 mmAl in males and 3.20 ± 0.77 in, females, with no significant difference between sex, macro minerals and enzyme studies but as the age of the animals. The epiphyseal plate closure was 26.7 months for males and 24.5 for females.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Mapa do estado do Maranhão, com destaque da região da Baixada Ocidental Maranhense.....33
- FIGURA 2.** Caracterização da microrregião da Baixada Ocidental Maranhense. A - Animais em pastejo em campo alagado; B - Áreas de campos secos em período de estiagem.....34
- FIGURA 3.** Exemplares de equinos do grupamento genético “baixadeiro” nos municípios de Viana e Pinheiro – Ma.....35
- FIGURA 4.** Equipamentos e projeção utilizada no exame radiográfico do fechamento da placa epifisária distal do rádio de equinos do grupamento baixadeiro. A - Aparelho modelo FNX Jockey 90, portátil; B - Projeção crânio-caudal do rádio esquerdo do equino; C - Tanque de revelação manual com colgadura36
- FIGURA 05.** Imagens radiográficas da placa epifisária distal do rádio. A – radiografia com placa epifisária em grau “A”; B - Radiografia com placa epifisária em grau “B”; C - Radiografia com placa epifisária em grau “C”37
- FIGURA 06.** Posicionamento látero-medial para obtenção da imagem radiográfica do osso acessório do carpo, membro esquerdo de equino do grupamento baixadeiro38
- FIGURA 07.** Imagens radiográficas do osso acessório do carpo em projeção látero-medial, com escala de alumínio acoplada ao chassi. Imagem A - Animal com idade abaixo de 24 meses, apresentando placa epifisária distal do rádio ainda aberta; Imagem B - Animal acima de 24 meses, apresentando placa epifisária fechada.....39
- FIGURA 08.** Imagem A - Momento em que acontece o enquadramento do osso acessório do carpo; Imagem B - Momento em que ocorre a calibração da escala de alumínio para a posterior comparação com o osso acessório já calibrado40

FIGURA 09. A - Imagem do programa demonstrando o momento do posicionamento do quadro para a retirada da densidade de tecido mole; B - Mapeamento das partes moles ajustado pelo operador para a retirada mais precisa das partes moles que sobrepõem o tecido ósseo.....40

FIGURA 10. A - Histograma, demonstrando o ajuste do limite das partes moles para a determinação da densidade mineral somente do osso acessório; B – Análise dos resultados utilizando escala de cores41

FIGURA 11. Exame clínico dos animais. A e B - Fêmeas apresentando Osteodistrofia fibrosa (cara inchada); C - Avaliação da dentição para estimativa da idade. Animal apresentando afecções dentárias44

FIGURA 12. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de fósforo (x) ($6,64 \pm 1,44$ mg/dL) e fosfatase alcalina (y) ($193,78 \pm 24,36$ mg/dL), de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = 0,459$; $r^2 = 0,212$; $p = 0,0002$; $CV\% = 0,1017\%$ 51

FIGURA 13. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de cálcio (x) ($8,52 \pm 2,10$ mg/dL) e fosfatase alcalina (y) ($193,78 \pm 24,36$ mg/dL), de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = -0,2664$; $r^2 = 0,71$; $p = 0,0396$; $CV\% = 0,1207\%$ 52

FIGURA 14. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de calcio (x) ($8,52 \pm 2,15$ mg/dL) e DMO (y) ($3,10 \pm 0,69$ mmAl), de equinos do grupamento baixadeiro, oriundos do estado do Maranhão, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = 0,1155$; $r^2 = 0,13$; $p = 0,3923$; $CV\% = 0,13$ 56

FIGURA 15. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de fósforo (x) ($6,79 \pm 1,41$ mg/dL) e DMO (y) ($3,10 \pm 0,69$ mm/Al), de equinos do grupamento baixadeiro, oriundos do estado do Maranhão, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = 0,1055$; $r^2 = 0,01$; $p = 0,4348$; $CV\% = 0,01$ 57

FIGURA 16. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de fosfatase alcalina (x) ($195,66 \pm 22,32$ U/L) e DMO (y) ($3,10 \pm 0,69$ mmAl), de equinos do grupamento baixadeiro, oriundos do estado do Maranhão, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = 0,0014$; $r^2 = 0,0000019$; $p = 0,99$; $CV\% = 0,000001\%$ 57

LISTA DE ABREVIATURAS

AFRC	Agricultural and food research council
$\mu\text{mol/L}$	Milimol por litro
χ^2	Quiquadrado
ATP	Trifosfato de adenosina
BH	Brasileira de Hipismo
Ca	Cálcio
cm	Centímetros
DMO	Densidade Mineral Óssea
DOR	Densitometria Óptica Radiográfica
FA	Fosfatase Alcalina
g	Força gravitacional
Km^2	Quilômetro ao quadrado
kVp	Quilovoltagem
mAs	Mili Amperes por segundo
mm/ano	Milímetros por ano
mm/Al	Milímetros de Alumínio
NRC	National research council
P	Fósforo
GH	Hormônio do crescimento
mg/dL	Miligrama por decilitro
pH	Potencial hidrogeniônico
PTH	Paratormônio
PSI	Puro Sangue Inglês
U/L	Unidades por litro

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Distribuição dos equinos do grupamento baixadeiro, segundo o grau de fechamento da placa epifisária e o sexo. Maranhão, 2013	45
TABELA 2. Equinos do grupamento genético “baixadeiro”, distribuídos segundo o grau de fechamento da placa epifisária e a faixa etária. Maranhão, 2013	45
TABELA 3. Médias e desvios-padrão da idade em meses do fechamento da placa epifisária de equinos do grupamento genético “baixadeiro” de acordo com o sexo. Maranhão, 2013	46
TABELA 4. Valores médios e desvios-padrão das dosagens séricas de Cálcio (mg/dL), Fósforo (mg/dL) e Fosfatase Alcalina (U/L), de equinos do grupamento baixadeiro, distribuídos de acordo com o grau de fechamento da placa epifisária distal do rádio - Maranhão, 2013	47
TABELA 5. Valores médios e desvios-padrão das dosagens séricas de Cálcio (mg/dL), Fósforo (mg/dL) e Fosfatase Alcalina (U/L), de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, distribuídos de acordo com o sexo. Maranhão, 2013	49
TABELA 6. Valores médios e desvios-padrão das dosagens séricas de Cálcio (mg/dL), Fósforo (mg/dL) e Fosfatase Alcalina (U/L), de equinos do grupamento genético “baixadeiro” de acordo com a faixa etária. Maranhão, 2013	50
TABELA 07. Valores médios e desvios-padrão em mmAl da densidade mineral do osso acessório do carpo de equinos do grupamento genético Baixadeiro, Baixada Ocidental Maranhense, Brasil	54
TABELA 08. Valores das médias de desvios-padrão da densidade mineral óssea em mmAl de equinos do grupamento genético baixadeiro, oriundos da Baixada ocidental Maranhense, em relação ao grau de fechamento da placa epifisária distal do rádio	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Baixadeira Maranhense	20
2.2 Equinos do grupamento genético baixadeiro	21
2.3 Densidade mineral óssea	22
2.4 Determinação da idade do fechamento da epífise distal do rádio	25
2.5 Perfil sérico de Cálcio, Fósforo e Fosfatase Alcalina	27
2.5.1 O Cálcio	27
2.5.2 O Fósforo	28
2.5.3 A Fosfatasa Alcalina	30
3. OBJETIVOS	32
3.1 Objetivo geral	32
3.2 Objetivos específicos	32
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 Local de estudo	33
4.2 Animais de estudo	35
4.3 Determinação da idade de fechamento da placa epifisária distal do rádio	36
4.4 Determinação da densidade mineral (DMO) óssea por meio da densitometria óptica radiográfica (DOR)	38
4.5 Dosagem sérica de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina	42
4.6 Análise estatística dos dados	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6. CONCLUSÕES	58
7. REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

As raças nativas ou naturalizadas são constituídas por animais que se encontram por longo período sob ação da seleção natural em determinado ambiente, adquirindo características específicas das condições oferecidas pela região (BICALHO, 1985 apud MCMANUS et al., 2005). Essas raças, por meio de seleção natural, desenvolvem características únicas de adaptação que podem vir a ser demandado no futuro, o que lhes confere valor genético e justifica a sua preservação. Tanto os equinos como os asininos e muares são importantes nas regiões em que vivem, porque em locais de difícil acesso, muitas vezes representam a única opção no transporte de cargas, no manejo de animais ou mesmo como meio de locomoção (EMBRAPA, 2010).

A região da Baixada Maranhense é constituída por 21 municípios, sendo conhecida por seus campos alagados. Nessa região encontram-se ao redor de 24 mil cavalos, e a exemplo do que ocorre no pantanal mato grossense com o cavalo Pantaneiro, em Roraima com o Lavradeiro e no Pará com o Marajoara, há um registro marcante da presença de um grupamento genético de equinos denominado pela população local de “Baixadeiro”. Tal grupamento se destaca pela sua rusticidade, resistência e grande adaptação às condições ecológicas da região, demonstrando grande capacidade para trabalhar em áreas alagadas que são peculiares nesta região (SERRA, 2004).

Estudo realizado por Serra (2004) sobre as características fenotípicas e condições de manejo do cavalo Baixadeiro, revelou que a altura média de sua cernelha é 125 cm, enquanto altura média da garupa é de 127 cm. Dada essas características, sendo baixo de frente e helipométrico, pode ser, considerado um pônei. Quanto à pelagem, predominam as do tipo tordilho e castanho. Útil para sela e não tração, a alimentação é realizada exclusivamente de pastagens nativas, sem nenhuma suplementação.

Esses animais servem de fonte de renda para comunidades da região da Baixada Maranhense, sendo os machos utilizados principalmente como pastores e para reprodução, as fêmeas são mantidas nos plantéis, para servir de matrizes, que por sua vez ocorre de forma natural, sem quais quer controle. Porém pela sua baixa estatura e pequeno valor agregado,

torna-se comum a prática do cruzamento com outras raças de equinos, gerando, portanto animais maiores e mais valorizados economicamente, contudo, apresentando características favoráveis à região, tais como resistência e rusticidade, causando um impacto no número de indivíduos desse grupamento, cada vez mais restrito.

De acordo com trabalho realizado por Prado Filho (2001), fatores como o tipo de criação, alimentação, suplementação nutricional e agentes patogênicos podem alterar o desenvolvimento de um animal. Pesquisas têm apontado aspectos genéticos, ambientais e nutricionais como fatores primordiais que afetam diretamente o crescimento de animais em desenvolvimento. O autor ressalta ainda que a deficiência, excesso ou desequilíbrio de nutrientes, afetam adversamente os ossos e as cartilagens por conta das alterações na disponibilidade dos componentes da estrutura do esqueleto ou de enzimas e hormônios que controlam a síntese desse tecido.

Entre os desequilíbrios nutricionais mais comuns que podem acometer o animal em crescimento estão o excesso de energia e fósforo, deficiência de cálcio, fósforo e cobre, ou qualquer associação desses desequilíbrios nutricionais (STASHAK, 2006b).

Segundo Guyton (1997), o osso sofre remodelação continuamente, sendo estimulado pela atividade física, tornando-se mais espesso de acordo com o grau das atividades. O osso é um tecido vivo que se renova durante toda a vida, capaz de alterar suas propriedades e geometria em resposta às mudanças na demanda mecânica (LIRANI, 2004; HODGSON, 2005). Na estrutura óssea ocorre o depósito de cálcio e fósforo e em menor quantidade de sódio, magnésio e potássio, que associados com a água (matriz orgânica) são responsáveis pela formação de um tecido rígido (HODGSON, 2005).

Miller & Bonnick (1999), afirmam que a avaliação da condição do esqueleto pode ser realizada por meio de medidas de densidade mineral óssea (DMO), auxiliando no diagnóstico da osteopenia, monitoração seriada do osso em resposta a patologias, intervenções cirúrgicas e terapêuticas além de situações preventivas relacionadas ao seu metabolismo.

A mensuração da DMO por diversas metodologias assume atualmente importante papel como ferramenta para avaliar as condições nutricionais e de sanidade dos animais. Porém, o alto custo dos equipamentos e, conseqüentemente, dos exames para determinar e avaliar a densidade mineral óssea, inviabiliza a introdução e aplicação da densitometria óssea como modalidade de diagnóstico complementar de rotina nas condições de trabalho da medicina veterinária brasileira (SCOTTI & JEFFCOTT, 1988; VULCANO et al., 2006).

A densitometria óptica radiográfica (DOR) já foi utilizada para avaliar a DMO do carpo ulnar de potros da raça Quarto de Milha, do carpo acessório de potros da raça Puro Sangue Inglês e de equinos atletas submetidos a provas de enduro (VULCANO et al., 1997a; PRADO FILHO & STERMAN, 2004; VULCANO, 2001).

O osso trabecular apresenta uma velocidade de modificação aproximadamente oito vezes maior que a cortical (JEFFCOTT, 1990), sendo o calcâneo (tarso fibular) a estrutura adequada para avaliação, visando qualidade trabecular óssea no cavalo (SCOTTI & JEFFCOTT, 1988). No entanto, Godoy et al. (2005), optou pelo osso acessório do carpo para avaliação em seu experimento, considerando a posição do mesmo, que permite boa aproximação em relação ao filme radiográfico e o fato de os membros torácicos receberem maior impacto durante o salto, conforme relatado por THOMASSIAN (1996). Levou em conta, ainda, a maior facilidade para radiografar este osso comparado ao tarso fibular, mantendo a semelhança da porção de osso trabecular entre ambos.

Estudos em equinos sugeriram que o exercício ocasiona valores diferentes da densidade mineral óssea (JEFFCOTT, 1990). Na medicina humana, estudos demonstraram uma correlação direta entre a incidência de fraturas e o baixo conteúdo mineral do esqueleto (O'CALLAGHAN 1991). De acordo com Prado Filho & Sterman (2004), certa variação da DMO é aceitável em potros da raça Puro Sangue Inglês (PSI) com idade média de 18 meses, visto que a densidade óssea sofre influência da linhagem e das condições de criação.

Alguns trabalhos foram realizados em equinos para determinação de valores padrão de DMO relacionando-os com a atividade exercida, com o estresse de atividades, sexo, idade e manejo reprodutivo. Vulcano (2001) trabalhou com equinos machos e fêmeas em fase

de crescimento da raça Puro Sangue Inglês, encontrando valores médios de DMO de $4,58 \pm 0,40$ mmAl para fêmeas, com idade média de $25,13 \pm 0,96$ meses e para os machos de $4,46 \pm 0,36$ mmAl, com idade média de $25,13 \pm 0,96$ meses. Prado Filho & Sterman (2004) estudaram esta mesma raça, em potros em início de treinamento, obtendo valores médios de $5,4 \pm 0,6$ mmAl para machos e de $5,3 \pm 0,6$ mmAl para fêmeas. Godoy et al. (2005), determinaram valores normais de DMO em mmAl em equinos da raça Brasileiro de Hipismo, obtendo valores médios de $4,7 \pm 0,1$ mmAl para machos e $4,6 \pm 0,1$ mmAl para fêmeas. Vulcano et al. (2006), estudando a raça Quarto de Milha, encontraram valores médios de DMO de $4,49 \pm 0,69$ mm Al para fêmeas, com idade média de 43 ± 2 meses e $4,43 \pm 0,81$ mmAl para machos com idade média de 45 ± 2 meses.

Diante da relação entre a idade e a espessura do osso (valores da DMO), faz-se necessário uma uniformidade da idade média dos animais em avaliação. Para tanto a avaliação da maturidade óssea de equinos por meios radiográficos, elege a epífise distal do rádio como melhor região, por apresentar uma indicação mais precisa da evolução esquelética (MANSON & BOURKE, 1973; STASHAK, 2006b) e por ser uma técnica prática e de fácil execução na rotina diária (MAMPRIM et al., 1992).

De acordo com Stashak (2002b), o estudo da placa epifisária do rádio distal permite fazer um acompanhamento do desenvolvimento ósseo durante o crescimento do animal, tal estudo está baseado no fechamento dessa placa e segundo o autor pode ser classificada em: “A” que corresponde à linha epifisária totalmente fechada, “B” quando o fechamento é percebido no centro e aberto na periferia e “C” quando a linha está completamente aberta.

Foram realizados alguns trabalhos sobre a idade de fechamento epifisário distal do rádio em diversas raças, sendo em torno de 24 meses no macho e 23 na fêmea da raça Árabe (MYERS & EMMERSON, 1966), com 25 meses, tanto no macho quanto na fêmea em cavalos Puro Sangue Australiano (VULCANO et al., 1997b), entre 26 e 27 meses, sem especificar o sexo, na raça Trotadora Italiana (PEZZOLI & DEL BUE, 1973), 25 meses, em média, nas fêmeas da raça Manga-Larga (MAMPRIM et al., 1992), 24 meses nos machos e 23 nas fêmeas Puro Sangue Inglês (VULCANO et al., 2000) e aos $25,83 \pm 1,58$ meses de

idade nas fêmeas e aos $28,16 \pm 1,40$ nos machos da raça Brasileira de Hipismo (BH); foi verificado que animais desta raça apresentam fechamento epifisário da extremidade distal do rádio tardio, sendo as fêmeas mais precoces que os machos (GODOY et al., 2004).

Nos equinos do grupamento baixadeiro observa-se a necessidade de avaliar as condições da mineralização óssea pelo fato de que são criados de forma “ultra-extensiva”, alimentando-se somente de pastagens de má qualidade, não recebendo nenhum suplemento nutricional embora pareçam bem resistentes às condições ambientais da região.

De acordo com Lewis, (2000), o desempenho de animais atletas pode ser prejudicado pela deficiência ou excesso de elementos inorgânicos ou minerais. Os macrominerais cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio e enxofre são necessários em quantidades relativamente altas na dieta do animal, pois estão envolvidos com a estrutura do animal e são perdidos diariamente durante a execução das atividades físicas (KOBLUCK et al., 1995; LEWIS, 2000; JACKSON, 1997).

Não existem dados na literatura referentes à fisiologia do tecido ósseo de animais do grupamento em estudo, assim como de seus mecanismos adaptativos ou modificações morfológicas, decorrentes da pressão de seleção sofrida pelo seu habitat em ambientes alagados. Deste modo, a presente pesquisa tem como proposta estabelecer valores de DMO nestes animais, correlacionando os achados com a idade do animal, sexo e resistência deste grupamento genético ao contexto ambiental onde se encontra inserido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Baixada Maranhense

A região da Baixada Maranhense é constituída por 21 municípios, sendo conhecida por seus campos alagados. Na região, encontram-se ao redor de 24 mil cavalos e a exemplo do que ocorre no Pantanal Mato Grossense com o cavalo Pantaneiro, em Roraima com o Lavradeiro e no Pará com o Marajoara, há um registro marcante da presença de um grupamento genético de equinos denominado pela população local de “Baixadeiro”. Tal grupamento se destaca pela sua rusticidade, resistência e grande adaptabilidade às condições ecológicas da região, demonstrando grande capacidade para trabalhar em áreas alagadas que são peculiares nesta região (SERRA, 2004).

Segundo a GEPLAN, (2002), os municípios de Pinheiro e Viana, localizam-se na Macro-região Norte e Micro-região da Baixada Ocidental Maranhense. As principais bacias hidrográficas que banham essa região são as do Rio Pericumã e Turiaçu. Quanto à formação do solo da região, predominam a formação Itapecuru e Aluviões Fluviais Marinhos. Em relação ao relevo, é caracterizada pela superfície maranhense com Testemunho e parte do Golfão Maranhense.

Quanto ao tipo de solo, prevalecem os Plintossolo e Gleissolo, característicos de regiões planas e com grande quantidade de água vinda do lençol freático. A vegetação da Baixada incluem a Restinga, conhecida pela sua vegetação rasteiras, às vezes arbustivas ou arbóreas e os campos inundáveis, que caracterizam a paisagem da região com vegetação campestre. Quanto à umidade relativa do ar, a região sofre uma variação de 2000 até 2800 mm/ano, de acordo com a estação (chuvosa ou seca). O clima permanece do tipo úmido em toda a região durante o ano, porém variando dos subtipos B1, onde é observado moderada deficiência de água no inverno e B2, caracterizado por pequena ou nenhuma deficiência de água no mesmo período (GEPLAN, 2002).

2.2 Equinos do grupamento genético Baixadeiro

Estudo realizado por Serra (2004), sobre as características fenotípicas e condições de manejo de equinos do grupamento Baixadeiro revelou que a altura média de sua cernelha é 125 cm, enquanto que na sua garupa é de 127 cm. Dada estas características pode ser considerado um pônei. Quanto à pelagem, predominam tordilho e castanho. Útil para sela e não tração, a alimentação é realizada exclusivamente de pastagens nativas, sem suplementação.

Esses equinos servem de fonte de renda para comunidades da região da Baixada Maranhense, sendo os machos utilizados principalmente como pastores e para reprodução, as fêmeas são mantidas nos plantéis, para servir como matrizes e cuja seleção ocorre de forma natural, sem quais quer controle. Porém pela sua baixa estatura e pequeno valor agregado, torna-se comum a prática do cruzamento com outras raças de equinos, gerando animais maiores e mais valorizados economicamente, contudo, apresentando características favoráveis à região, tais como resistência e rusticidade.

McManus et al. (2010) informam que o cavalo Baixadeiro originou-se a partir do único mine-cavalo brasileiro, conhecido como Puruca, que habita a Ilha do Marajó no Pará, dividindo espaço com o também típico, cavalo Marajoara. O pônei Puruca originou-se da raça escocesa Shetland, trazidos para Marajó na década de 1890. Além do cavalo Baixadeiro, o Puruca pode ter contribuído ainda para formação de grupamentos como Lavradeiro que vive nos campos de Roraima e Varseiro, que habitam áreas de várzea que se estendem da Amazônia ao Pará.

2.3 Densidade Mineral Óssea

O tecido ósseo é basicamente formado por osso trabecular ou esponjoso e osso compacto, sendo que o trabecular apresenta uma menor densidade ou massa óssea, em relação ao compacto, isto por que apresenta uma maior porosidade e grande quantidade de espaço interósseo (BANKS, 1992).

O estudo da densidade mineral óssea nos últimos anos se tornou muito importante para detecção de problemas relacionados ao sistema ósseo, sendo necessária a obtenção de um estudo estimativo, preciso e acurado, visto que por meio de avaliação visual do exame radiográfico pode-se observar as lesões de forma subjetiva, quando a perda da matéria mineral óssea for superior a 30% (TROUERBACH et al., 1984; GARTON, et al., 1993).

Vários métodos já foram descritos e realizados na tentativa de estimar a quantidade do conteúdo mineral, tais como: a densitometria radiográfica (PLOTINICK; BERESIN; SIMKINS; 1970), foto densitometria (DUBREZ et al., 1992; STOLIKER et al., 1976), fotometria radiográfica (MEAKIN et al., 1981) ultra-sonografia (JEFFCOTT; McCARTNEY, 1988), densitometria radiográfica computadorizada (HAYASHI et al., 1996; SEO et al., 1994), absorção única de ftons e tomografia computadorizada (YANG et al., 1994; YATES et al., 1995; BOONEN et al., 1997), absorção de dupla emissão de raios-x (SWEZEY et al., 1996; MAKAN; BAYLEY; WEBBER, 1997) e densitometria óptica radiográfica (LOUZADA et al., 1997; PRADO FILHO & STERMAN, 2004; VULCANO, 2001; LEAL, 2002; RAHAL, 2002; SANTOS, 2002; MURAMOTO, 2003).

A Densitometria Óptica Radiográfica é um método de análise e avaliação do conteúdo mineral ósseo que dispensa o uso da anestesia geral, o que torna perfeitamente utilizável *in vivo* e de fácil execução. Isto permite uma grande vantagem em relação aos métodos citados anteriormente, onde era indispensável o uso da anestesia geral.

A técnica de Densitometria Óptica em Imagem Radiográfica óssea permite a análise sequencial de variações de massa óssea em partes do esqueleto, além de ser um exame rápido, não invasivo e relativamente barato (LOUZADA et al., 1997). A grande importância do uso das técnicas não invasivas é a habilidade de detecção precoce de distúrbios, no

processo de recuperação normal ou anormal às injúrias ocorridas no tecido ósseo (MARKEL & BOGDANSKE, 1994).

Radiografias têm sido usadas para quantificar o conteúdo mineral ósseo dos animais vivos. Entretanto, elas são pouco seguras na detecção de alterações discretas no conteúdo mineral ósseo, principalmente quando estas são menores do que 30% (GARTON, 1993; LAUTEN et al., 2001).

A densidade mineral óssea é a concentração de mineral por unidade de volume de osso, correlacionando-se com os componentes materiais do osso e com suas características histológicas. Os minerais estão aderidos na matriz orgânica do osso para fornecer ao esqueleto a sua dureza e rigidez. Técnicas precisas e seguras de medida da densidade mineral óssea em humanos têm permitido aos pesquisadores identificar os fatores de riscos associados com osteoporose, e fornecer um mecanismo para a avaliação preventiva e de tratamentos terapêuticos (MCCLURE et al., 2001).

O esqueleto é formado por 80% de osso cortical e 20% de osso trabecular, sendo que o osso trabecular está localizado principalmente no esqueleto axial. Por causa de sua grande superfície, o osso trabecular é metabolicamente mais ativo e mais sujeito às mudanças. Fisiologicamente, a perda óssea afeta o esqueleto inteiro. Há, no entanto, diferenças nos padrões de perda óssea em diferentes ossos, podendo ocorrer em taxas diferentes, em diferentes superfícies, mesmo dentro de um único osso. Estes padrões têm variações individuais, e influenciam os padrões de fraturas em diversas doenças, devendo ser consideradas quando as medidas são interpretadas (WAHNER, 1984).

Os estudos realizados por Meakim et al. (1981) e Hoffman et al. (1999) dão sustentação à teoria da estimativa do conteúdo mineral ósseo através da equivalência com o alumínio. Hoffman et al. (1999) e Prado Filho & Sterman, (2004) demonstraram que há correlação linear progressiva entre o conteúdo mineral ósseo e a idade até a fase final do desenvolvimento corporal.

Pesquisas realizados por Plotnick et al. (1970); Meakim et al. (1981); Trouerbach et al. (1984); Martin et al. (1990); Seo et al. (1994); Yang et al. (1994); Hayashi et al. (1996); Vulcano et al. (1997a); Prado Filho & Sterman (2004) observaram que o alumínio é o

material mais adequado para a confecção da escala de referência que é indispensável para este tipo de análise comparativa.

Radiografias de boa qualidade, no que diz respeito ao posicionamento do animal, técnica radiográfica e padrão de revelação são imprescindíveis. Da mesma forma, é necessária uma boa digitalização das imagens radiográficas para que estas não percam sua riqueza de detalhes durante o processo, o que pode interferir no resultado final, assim como a análise das imagens ao computador deve ser extremamente rigorosa e criteriosa, descontando-se o valor da densidade dos tecidos moles adjacentes ao osso acessório do carpo (PRADO FILHO & STERMAN, 2004).

Em estudo realizado por Alves & Sterman (2010), onde determinaram a DMO da extremidade distal do rádio de cães da raça rottweiler por meio da densitometria óptica radiográfica, concluíram que apesar da técnica ser um método de fácil realização e baixo custo (MACK, et al., 1982; SANTOS, 2002; SCHMIDT et al., 2006), as variações radiográficas referentes a kilovtagem, tempo de exposição, espessura dos tecidos moles, posicionamento e também o processamento do filme, podem causar alterações na densidade radiográfica, diminuindo, assim, a eficácia do método (SANTOS, 2002), portanto há necessidade de padronização da metodologia empregada para evitar qualquer influência nos valores obtidos (GÜRTLER, et al., 1984 e COSTA, et al., 2009).

Rahal et al. (2002) estudando alterações da densidade mineral óssea em gatos por meio do método de densitometria óptica radiográfica além de alterações bioquímicas, concluíram que o mesmo é eficiente para avaliar a desmineralização óssea. Informaram ainda que é de fácil e rápida execução, dispensando protocolos anestésicos. Na avaliação comparativa entre o exame radiográfico simples e DOR, este último permitiu a quantificação da lesão, constituindo uma importante ferramenta para o acompanhamento da doença. No estudo radiográfico, a redução máxima da DMO foi observada no trigésimo dia após o início da dieta oferecida aos animais, a qual era constituída basicamente de coração bovino moído. Esta redução manteve-se no mesmo limiar aos 45 e 60 dias da dieta, permitindo o diagnóstico antes do início dos sinais clínicos da enfermidade.

2.4 Determinação da idade do fechamento da epífise distal do rádio

A ossificação pode se dar por dois processos, intramembranoso e endocondral, que diferenciam-se pela presença ou não de uma cartilagem que serve como molde (BARON, 1990). A ossificação do tipo endocondral utiliza uma matriz cartilaginosa como base e ocorre imediatamente nos ossos longos, dando origem às diáfises no eixo maior dos ossos, e às epífises em suas extremidades, surgindo, portanto entre essas duas regiões o que é chamado de núcleo de ossificação ou placa epifisária.

O desenvolvimento ósseo diafisário e epifisário é separado pela região metafisária, onde se localiza a placa de crescimento, região altamente especializada, local de conversão de uma zona trabecular temporária em uma compacta permanente (DELLMANN & EURELL, 1998). A substituição da cartilagem epifisária pelo tecido ósseo na zona de crescimento é contínuo nos animais jovens, com crescimento somente longitudinal, não alargando-se devido à rápida calcificação do tecido ósseo que substitui a cartilagem em questão (PRICE; OYAJOBİ; RUSSEL, 1993).

A substituição da cartilagem pelo tecido ósseo nas zonas de crescimento, segundo Stashak (2006a), ocorre com o crescimento dos condrócitos, na região mais próxima da epífise e ossificação na zona mais próxima da diáfise além da reabsorção, função essa exercida pelos osteoclastos. Em animais adultos, ocorre simultaneamente a formação e reabsorção óssea, processo que permite o equilíbrio dos ossos longos, enquanto que na fase de crescimento, a formação excede o processo de reabsorção (MÄENPÄÄ et al., 1988)

Segundo Stashak (2006a), o processo de divisão celular, hipertrofia e calcificação auxiliam no crescimento de ossos longos, e o adelgaçamento da cartilagem metafisária contida nessas zonas, cessa com o crescimento desses ossos. Essa fusão ocorre em momentos diferentes, nas várias zonas de crescimento existentes e varia de acordo com as espécies, sendo que as placas epifisárias proximais fecham antes, algumas ainda intra-uterinas, do que as epífises distais (KERBER, 2001).

O peso excessivo do potro caracteriza um estímulo mecânico ao desenvolvimento ósseo, é um importante fator na maturidade e remodelação óssea, isso inibe o crescimento do osso e promove maior vascularização e ossificação das fises (REICH et al., 2005). O disco

epifisário vai reduzindo sua espessura à medida que se aproxima o tempo de fechamento, embora ele persista até o crescimento longitudinal completo do osso (PRICE; OYAJOBİ; RUSSEL, 1993).

Em um estudo realizado com equinos da raça árabe, acompanhados durante três anos e avaliados mensalmente, foi observado que a epífise distal do rádio foi a última a consolidar, entre 23 e 24 meses, porém, com tempo inferior ao da epífise proximal do úmero e centros de ossificação da escápula (MYERS & EMMERSON, 1966). O método padrão para a avaliação da maturidade óssea é através da radiografia, onde se acompanha a evolução e mudanças morfológicas na epífise.

O fechamento fisiológico das placas epifisárias ocorre antes de ser visualizado no exame radiológico (STASHAK, 2006b; ROSS & DYSON, 2003). Para avaliação da maturidade óssea de equinos através da radiografia, a epífise distal do rádio foi considerada a região de eleição, por apresentar indicação precisa do crescimento ósseo (STASHAK, 2006b) e por ser uma técnica prática e facilmente executada na rotina veterinária (MAMPRIM et al., 1992).

Estudos realizados em diversas raças de equinos, com a finalidade de determinar a idade de fechamento da placa epifisária distal do rádio, mostraram que na raça Árabe, o fechamento ocorre em torno de 24 meses nos machos e 23 nas fêmeas (MYERS e EMMERSON, 1966); na Trotadora Italiana, entre 26 e 27 meses sem especificação do sexo (PEZZOLI e DEL BUE, 1973); na Manga-larga em média 25 meses nas fêmeas (MAMPRIM et al., 1992) na Puro Sangue Australiano, 25 meses, tanto para machos como para fêmeas (VULCANO et al., 1997b); no Puro Sangue Inglês, 24 meses nos machos e 23 nas fêmeas (VULCANO et al., 2000); na Brasileiro de Hipismo, 26 meses nas fêmeas e 28 nos machos (GODOY et al., 2004); e em potros Crioulos, foi verificado fechamento de placa em torno dos 25 meses de idade (LUIZ et al., 2007).

Gardner et al. (1988) ao estudar o fechamento epifisário na espécie humana afirma que este ocorre devido influências hormonais e observou que em jovens do sexo feminino o fechamento se dá entre um e dois anos mais cedo em relação ao sexo masculino.

2.5 Perfil sérico de Cálcio, Fósforo e Fosfatase Alcalina

O estudo das concentrações normais de constituintes bioquímicos em equídeos serve como parâmetro para avaliações de um quadro patológico, auxiliando no diagnóstico de doenças em todas as fases da vida de um animal (SCHALM et al.,1975 e HARVEY et al.,1984).

Quanto aos macroelementos que estão relacionados com a formação de tecido ósseo, o cálcio e o fósforo são os mais importantes, representando cerca de 70% do conteúdo mineral do corpo e entre 30 e 50% dos componentes minerais no leite, contribuindo com aproximadamente 90% do esqueleto em animais em desenvolvimento (LEWIS, 2000).

2.5.1 O cálcio

O cálcio representa cerca de 46% do total de macro minerais no corpo, com sua maior concentração presentes nos ossos. O esqueleto desempenha função de reservatório desse mineral, que é responsável pela manutenção da estrutura de suporte e proteção à integridade óssea (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

Além da função de suporte do tecido ósseo, o Cálcio está associado à contração muscular, onde controla a liberação da Adenosina Trifosfato (ATP) no sistema actina-miosina, regulando a contração da musculatura lisa e cardíaca, assim como, controle indireto sobre a placa neuro-muscular, regulando a passagem de estímulos nervosos pelos neurônios, por meio do controle da liberação do neurotransmissor Acetilcolina. Pode ainda ser encontrado no plasma sanguíneo, de forma livre, como cálcio ionizável, ou ligado a proteínas, dentre elas, e em maior quantidade, a Albumina. É também o mineral mais abundante presente nas moléculas de hidroxiapatita (ORTOLANI, 1996). Dessa forma, o cálcio encontra-se em constante equilíbrio entre os ossos e os líquidos extracelulares (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 1995).

De acordo com NIH (1994); Olsen et al. (1994) e Cooper et al. (1995), o cálcio é o mineral mais abundante no corpo, correspondendo entre 1 e 2% do peso corporal e ocorre num percentual de 39% em relação a outros minerais, é necessário para a formação e

manutenção da matriz óssea, estabilizando membranas de células excitáveis como músculos e nervos, participando do processo de coagulação sanguínea e na atividade de diversas enzimas.

O cálcio é um dos mais importantes minerais que deve ser ingerido pelo cavalo, sua deficiência ou excesso na alimentação pode provocar transtornos em quase todas as fases da vida do animal, pois além de fazer parte do esqueleto e ser fundamental para o crescimento do potro, é também importante para a égua que se encontra no terço final da gestação. As necessidades de cálcio para a égua durante a lactação aumentam muito e para os equinos que estão trabalhando esse mineral é fundamental, pois é exigido durante a contração muscular (REZENDE, 2005).

Ao estudar bioquímica na clínica de animais domésticos, Kaneko et al. (1997), encontrou valores variando entre 11,2 e 13,6 mg/dL para equinos. Ribeiro et al. (2003) estudaram equinos e muares participantes de prova de longa distancia no Pantanal Mato Grossense e obtiveram valores médios de 4,9 e 5,1 mg/dL respectivamente. Mundim et al. (2004), pesquisaram o perfil bioquímico de equinos utilizados em trabalho dentro de centros urbanos e obtiveram valores de 10,01 mg/dL, onde sua amostragem incluía, animais mestiços, adultos, machos e fêmeas, aparentemente saudáveis. Campelo et al. (2008) encontrou valores variando entre 1 e 1,4 mg/dL para raça Bretão e 1 a 1,3 mg/dL para raça BH em diferentes fases da gestação. Vitti et al. (2008), ao suplementarem equinos com dietas apresentando diferentes níveis de cálcio, obtiveram valores médios de 11,94 mg/dL.

2.5.2 O Fósforo

É importante na formação do tecido ósseo, ocupando cerca de 80% de sua totalidade corpórea neste tecido, enquanto o restante se distribui nas células sanguíneas, hepáticas e outros órgãos. Diferente do que ocorre com o cálcio, os líquidos extracelulares são pobres deste mineral. Tem papel fundamental na formação do tecido ósseo, ligando-se ao cálcio na estruturação de outras moléculas. Está relacionado à captura e conservação de energia, armazenada na forma de ATP, formada através da fosforilação oxidativa que ocorre no interior das mitocôndrias (ORTOLANI, 1996). Contribui também para a manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base do organismo (MURAKAMI, 2006).

Para um desenvolvimento normal de um animal, é necessário um balanceamento equilibrado de todos os macrominerais relacionados com o sistema esquelético. O cálcio e fósforo possuem um papel importante na prevenção e redução do surgimento de alterações do metabolismo ósseo, que podem alterar tanto o crescimento quanto a rigidez do osso. Um esqueleto desenvolvido saudável é importante para o bom desempenho de um equino e para tanto, uma dieta adequada, com proporções corretas desses macrominerais é fundamental para evitar desordens no metabolismo ósseo, necessário estes animais que necessitam de um esqueleto saudável para seu desempenho em qual quer atividade (WOLTER, 1977 apud LOPES, 2003).

Segundo Cunha (1991) e McDowell (1992), as quantidades de fósforo necessárias para manutenção dos processos metabólicos e rendimento na produção de trabalho são influenciados por fatores, como taxa de crescimento, idade, qualidade do volumoso, condição ambiental e suplementação mineral.

De acordo com o NRC (2007), as exigências de fósforo para equinos baseiam-se no desenvolvimento adequado dos ossos, em estimativas de que, cavalos em crescimento depositam oito g de fósforo por kg de ganho de peso. Outros trabalhos notificaram níveis séricos em equinos que obedeciam as médias dentro de intervalos publicados por Mullen et al. (1979), ao estudar bioquímica em cavalos Puro Sangue de Corrida de dois anos de idade; Mundin et al. (2004), onde os valores encontrados variaram de 9,18 a 16,5 mg/dL em equinos utilizados para trabalhos em centros urbanos. Porém, as dosagens séricas de P no presente estudo, foram superiores às médias encontradas por Vitti et al. (2008), os quais obtiveram a dosagem média para fósforo de 4,98 mg/dL ao testar diferentes níveis de cálcio em dietas de equinos e Campelo et al. (2008), que ao estudarem éguas gestantes e não gestantes das raças BH e Bretão, obtiveram valores de 3 a 4,5 mg/dL.

Nos equinos, existe uma complexa relação entre as exigências minerais, ocorrendo interações entre os minerais durante a digestão e absorção. Tal evento é demonstrado pela interação Ca:P, onde altas concentrações de Ca acarretam deficiências de P, independentemente do seu consumo, isso revela a estreita relação metabólica entre esses minerais (TAMIN & ANGEL, 2003), que se encontram presentes nos ossos na forma de hidroxiapatita. A absorção de Ca pode ser afetada pela presença de P, fitato e oxalato na dieta

(NRC, 2007), isso se explica porque com altas concentrações de oxalato ou P, irão se conjugar com o Ca no intestino delgado, alterando negativamente sua absorção.

Para a manutenção da relação fisiológica normal entre Ca e P, o organismo utiliza o paratormônio para retirar o Ca dos ossos e direcioná-lo a corrente sanguínea, originando distúrbios no desenvolvimento ósseo, dentre eles as osteodistrofias (PUOLI-FILHO et al., 1999).

O hábito de pastejo diferente entre equinos e bovinos é relevante quando se refere à suscetibilidade dos equinos a desequilíbrios nessa relação, quando ambos são criados sob regime de pastejo (MCKENZIE et al., 1981), os bovinos não apresentam seletividade aos componentes do pasto, consumindo folhas e talos dos vegetais, enquanto os equinos selecionam somente as folhas novas, implicando na maior ingestão de oxalato.

2.5.3 A fosfatase Alcalina

A fosfatase alcalina (FA) é sintetizada no fígado, nos osteoblastos, epitélios intestinal e renal, além da placenta. No entanto, a sua maior atividade sérica normal é originária dos hepatócitos. As suas elevadas concentrações estão associadas aos seus locais de produção, sendo uma enzima associada às membranas celulares (COLES, 1984).

Sua maior produção e aumento da atividade pode ser visto em casos de aumento da atividade osteoblástica, colestase, indução por drogas e algumas doenças crônicas, dentre elas, neoplasias (BAKER et al., 2007). Com exceção dos animais em crescimento ou portadores de doenças ósseas, a elevada atividade sérica de FA possui origem hepatobiliar (MEYER et al., 1995 e LIMA E SILVA et al., 2002).

Os valores da FA possuem grande utilidade para o diagnóstico de doenças ósseas e hepatobiliares (ZIMERMAN & HENRY, 1982). É muito utilizada para a confirmação de afecções e lesões tóxicas do fígado (FREEDLAND & KRAMER, 1970), e para o diagnóstico de doenças do sistema esquelético (ZIMERMAN & HENRY, 1982).

Os níveis séricos elevados de FA de origem óssea, são encontrados em filhotes devido à alta atividade osteoblástica, níveis que se normalizam após o fechamento dos discos epifisários (RADIN, 2003). Essa elevação também pode ocorrer durante a consolidação de fraturas, hiperparatireoidismo, osteossarcomas, osteomalácia ou deficiência de vitamina D (SCHEFFER & GONZÁLEZ, 2006).

A hiperfosfatasemia pode ser promovida por alguns hormônios, dentre eles os tireoidianos. Esse fato é facilmente distinguível da elevação de origem hepática pela falta de elevação de enzimas do parênquima hepático (RADIN, 2003). O método de quantificação sérica da FA não é tecido-específico e a existência de produção extra-óssea não podem ser descartadas, porém as isoformas hepáticas e ósseas representam mais de 90%, apresentando atividade cruzada em torno de 15% (VIEIRA, 1999).

Ao estudarem os valores séricos da fosfatase alcalina em animais domésticos Kaneko et al. (1997) encontraram médias variando entre 143 e 395 U/L para equinos; Radostitis et al. (2002), ao escrever sobre a relação do exame clínico e diagnóstico, relata valores entre 140 e 400 U/L como sendo normais para equinos; Campelo et al. (2008) encontraram valores variando entre 200 e 250 U/L em éguas gestantes e não-gestantes nas raças BH e Bretão, enquanto Benesi et al. (1999), ao estudarem potras da raça BH com a mesma faixa etária, obtiveram valores variando entre 162,11 e 209 U/L.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estabelecer perfil densitométrico (DMO em mmAl) de equinos do grupamento genético Baixadeiro oriundos da Baixada Maranhense.

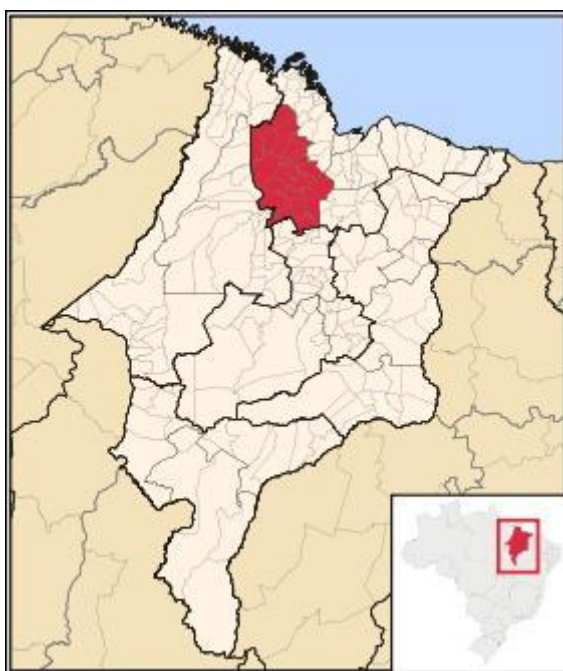
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a idade média de fechamento da placa epifisária distal do rádio por meio de exames radiográficos em equinos do grupamento genético Baixadeiro;
- Correlacionar os valores de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina obtidos em dosagens séricas, com os verificados na DMO e com o grau de fechamento da placa epifisária dos animais estudados;
- Correlacionar de acordo com o sexo e idade, os índices de DMO.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de estudo

A Microrregião da Baixada Ocidental Maranhense pertencente à mesorregião Norte Maranhense, possui uma área total de 17.579,366 km² e um efetivo de 24 mil equinos. Dos 21 municípios que integram esta microrregião, Viana e Pinheiro detêm um dos maiores rebanhos, com 3257 animais desse total (IBGE, 2006). Estes municípios estão localizados a 2°31'S e 45°05'O, 3°13'13"S e 45°00'13"W respectivamente, segundo IBGE, (2006).



Fonte: Wikipédia

FIGURA 1. Mapa do estado do Maranhão, com destaque da região da Baixada Ocidental Maranhense.

Esta região é caracterizada por seu ecossistema peculiar, onde durante seis meses do ano, a paisagem é constituída por lagos, com características pantanosas, e nos meses restantes, observa-se um ambiente árido, com escassez de água e alimento. Essas condições promovem o desenvolvimento de animais com alta resistência, rusticidade e adaptabilidade ao ambiente por meio da seleção natural.



FIGURA 2. Caracterização da microrregião da Baixada Ocidental Maranhense. A - Animais em pastejo em campo alagado; B - Áreas de campos em período de estiagem.

4.2 Animais de estudo

Foram utilizados 120 equinos do grupamento genético Baixadeiro provenientes dos municípios de Pinheiro e Viana, 60 no estudo do fechamento da placa epifisária distal do rádio e o restante para a determinação da densidade mineral óssea (Figura 03).



FIGURA 3. Exemplares de equinos do grupamento genético baixadeiro nos municípios de Viana e Pinheiro

No estudo do fechamento da placa epifisária distal do rádio, 60 animais foram divididos em dois grupos de acordo com o sexo e a idade variando entre 18 e 30 meses. Os equinos foram previamente submetidos a exame clínico e análise hematológica. Foram considerados aptos para a pesquisa, animais que apresentaram padrões de higidez clínica e perfil hematológico dentro da normalidade, conforme estudos realizados por Silva & Allgayer, (2012). Também foram selecionados quanto ao regime de criação, sendo escolhidos animais sob manejo ultra-extensivo.

4.3 Determinação da idade de fechamento da placa epifisária distal do rádio

Para o estudo do fechamento da epífise distal do rádio foram radiografados 60 animais, divididos quanto ao sexo e idade, esta estimada por meio da avaliação da arcada dentária. Para realização dos exames radiográficos, utilizou-se um aparelho de Raio-X portátil, modelo FNX Jockey 90, chassi com écrans e filme de tamanho 24x30 cm. Utilizou-se a técnica de exposição 53 kVp e 0,5 mAs, com distância foco filme de 70 cm, em projeção craniocaudal. Os filmes radiográficos foram revelados em tanque de revelação manual (Figura 04).

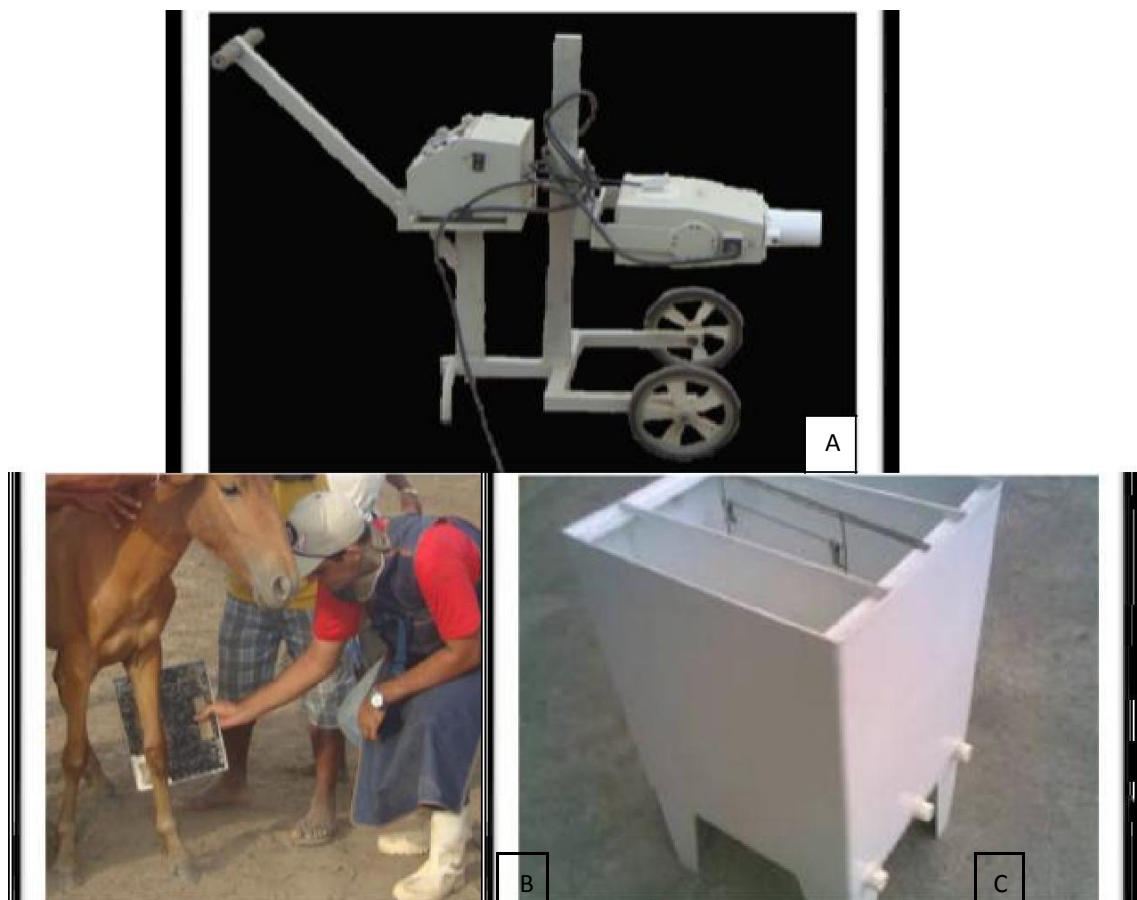


FIGURA 4. Equipamentos e projeção utilizada no exame radiográfico do fechamento da placa epifisária distal do rádio de equinos do grupamento baixadeiro. A - Aparelho modelo FNX Jockey 90, portátil; B - Projeção crânio-caudal do rádio esquerdo do equino; C - Tanque de revelação manual com colgadura.

O estudo do tempo de fechamento da placa epifisária distal do rádio dos animais pesquisados foram baseadas segundo classificação de Stashak (2006b), que considera grau “A”, quando a linha epifisária está totalmente fechada, “B”, linha epifisária está aberta nas extremidades e fechada nos bordos e “C”, linha epifisária está totalmente aberta (Figura 05).

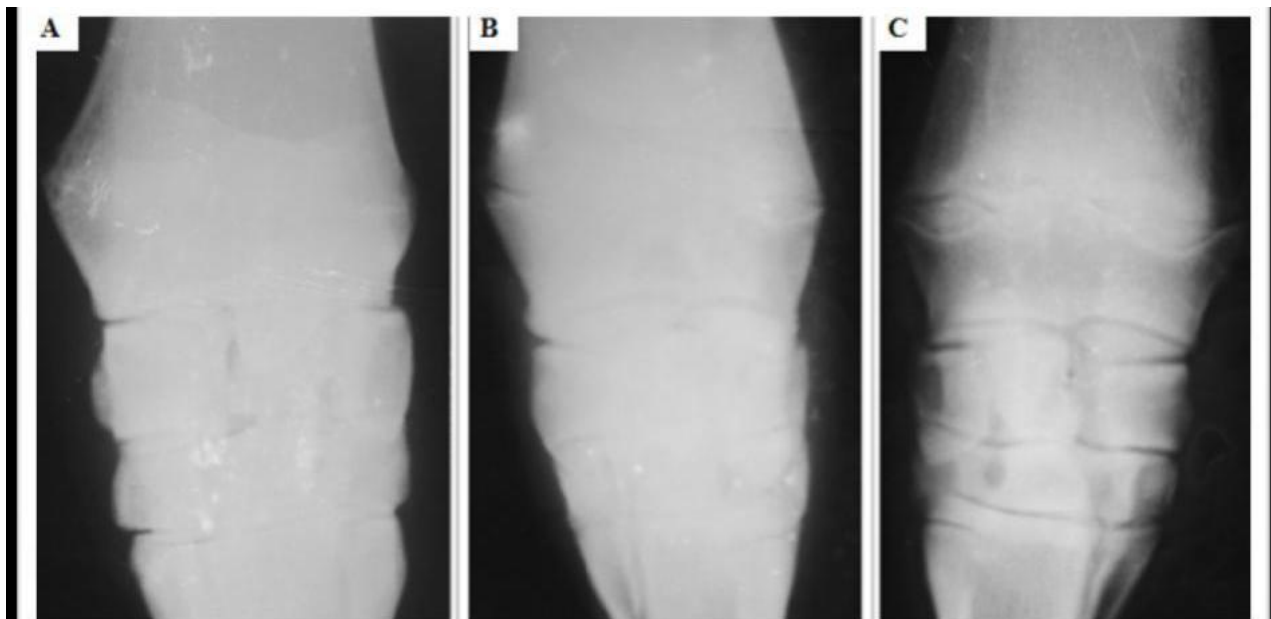


FIGURA 05. Imagens radiográficas da placa epifisária distal do rádio. A – radiografia com placa epifisária em grau “A”; B - Radiografia com placa epifisária em grau “B”; C - Radiografia com placa epifisária em grau “C”.

4.4 Determinação da densidade mineral óssea (DMO) por meio da Densitometria Óptica Radiográfica (DOR)

Se utilizaram 60 animais com idade variando entre 18 e 30 meses, machos e fêmeas criados em regime ultra-extensivo. No estudo os animais foram divididos em dois grupos, formados por 24 machos e 36 fêmeas.

No protocolo radiográfico para a determinação da DMO, utilizou-se o mesmo aparelho e chassi, écrans e filme de mesmo tamanho descrito para o estudo do fechamento da epífise distal do rádio. O chassi foi inserido em um porta-chassi confeccionado de madeira compensada com espessura de 3 mm, no qual se fixou uma escala de alumínio (penetrômetro) confeccionado em liga de alumínio específica, com 25 degraus medindo 5x18mm cada, numerados de 1 a 25. A técnica de exposição utilizada foi de 53 kVp e 0,5 mAs, com distância foco filme de 70 cm. A projeção radiográfica utilizada foi a látero-medial, onde a mesma proporcionou a vista lateral do osso acessório do carpo. Os filmes radiográficos foram revelados em tanque de revelação manual.



FIGURA 06. Posicionamento látero-medial para obtenção da imagem radiográfica do osso acessório do carpo, membro esquerdo de equino do grupamento baixadeiro.

Após a realização dos exames radiográficos, as imagens obtidas do carpo acessório foram digitalizadas usando um scanner modelo Microtek ScanMaker 1000XL PRO. Posteriormente analisadas por um programa computacional, Cromox v 3.1 Vet Athena SAI – Sistema de Inteligência Avançada – (c) 2013, comparando-se a densidade mineral do osso com a densidade média dos degraus da escala de alumínio, determinando assim os valores

médios de densidade mineral do osso acessório do carpo. A digitalização das imagens radiográficas e a leitura da DMO foram realizadas na no Setor de Diagnóstico por Imagem da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Botucatu.

Para que a determinação da densidade do osso acessório do carpo fosse mais precisa, estabeleceu-se uma área demarcada por um quadrilátero, onde os seus vértices não ultrapassaram os limites do osso em estudo. A densidade obtida pela somação de imagens do tecido mole também foi descontada, por meio de recurso próprio do programa utilizado. A padronização do programa computacional seguiu o protocolo utilizado por Vulcano (2006).

A metodologia está demonstrada passo a passo na sequência de imagens a seguir.



FIGURA 07. Imagens radiográficas do osso acessório do carpo em projeção látero-medial, com escala de alumínio acoplada ao chassi. Imagem A - Animal com idade abaixo de 24 meses, apresentando placa epifisária distal do rádio ainda aberta; Imagem B - Animal acima de 24 meses, apresentando placa epifisária fechada.

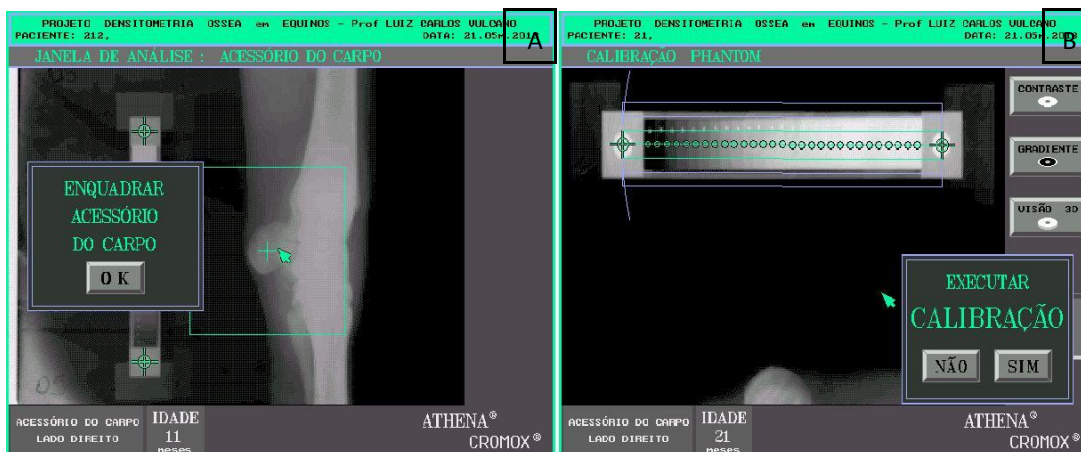


FIGURA 08. Imagem A - Momento em que acontece o enquadramento do osso acessório do carpo; Imagem B - Momento em que ocorre a calibração da escala de alumínio para a posterior comparação com o osso acessório já calibrado.

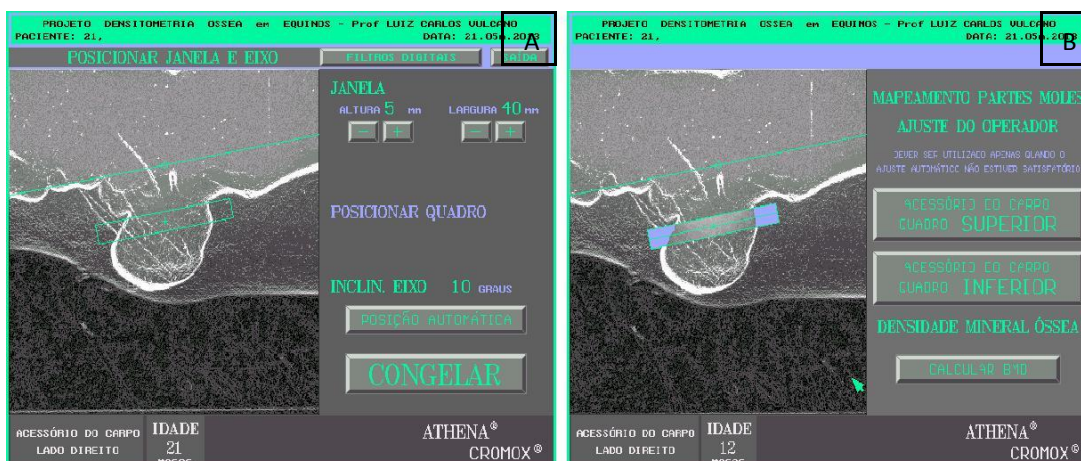


FIGURA 09. A - Imagem do programa demonstrando o momento do posicionamento do quadro para a retirada da densidade de tecido mole; B - Mapeamento das partes moles ajustado pelo operador para a retirada mais precisa das partes moles que sobrepõem o tecido ósseo.

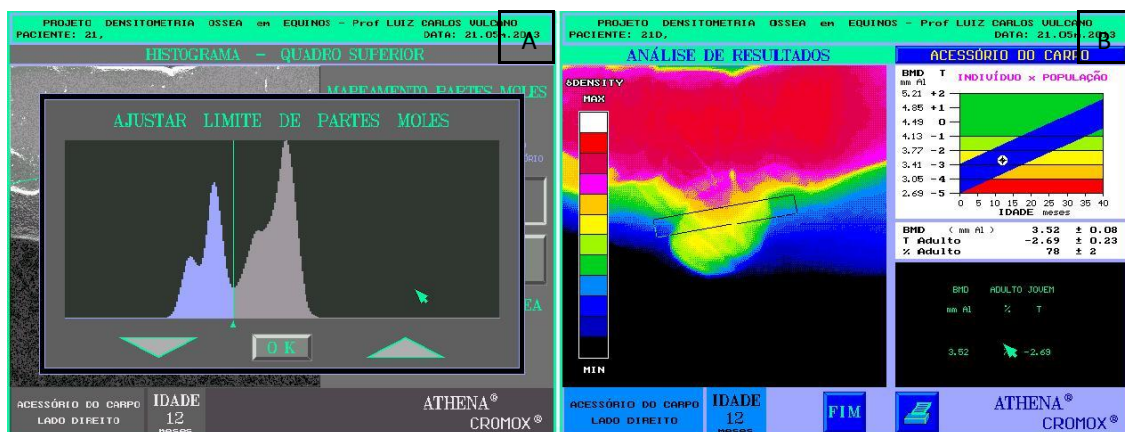


FIGURA 10. A - Histograma, demonstrando o ajuste do limite das partes moles para a determinação da densidade mineral somente do osso acessório; B – Análise dos resultados utilizando escala de cores

4.5 Dosagem sérica de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina

Para realização das dosagens séricas dos minerais e enzima estudados, coletou-se cinco ml de sangue de cada exemplar de equinos do grupamento “baixadeiro” por punção da veia jugular externa, usando agulhas estéreis adaptadas a tubos de “vacuotainer” estéreis previamente identificados. Posteriormente os soros foram obtidos por centrifugação a 3000 g, durante cinco minutos, transferidos e armazenados em tubos *Ependorff* e congelados até o devido processamento. As análises bioquímicas foram realizadas utilizando-se kits específicos para mensuração de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, seguindo as recomendações técnicas dos fabricantes. Para tanto utilizou-se kits da marca LabTest[®]. Todo o processo laboratorial foi realizado no Laboratório de Patologia Clínica do Curso de Medicina Veterinária – CCA – UEMA.

4.6 Análise estatística dos dados

Após a determinação dos valores de DMO, identificação e classificação do grau de fechamento da placa epifisária distal do rádio e mensuração das dosagens séricas de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina de equinos do grupamento “baixadeiro”, os dados foram tabulados com posterior compactação e apresentados em formas de tabelas e figuras.

Do estudo se verificou possíveis associações entre os valores de DMO e o sexo dos animais, bem como a fase de crescimento da placa epifisária e ainda com os valores séricos de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina. Verificamos ainda se havia associação com o grau de fechamento da epífise óssea e os valores séricos de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, e ainda, com o sexo e a faixa etária. Investigando ainda a existência de diferenças entre as dosagens bioquímicas nos diferentes graus de fechamento da epífise óssea, bem como em comparação com o sexo e a idade dos animais.

Para a associação entre os valores de DMO com o sexo dos animais e faixa etária, bem como entre o grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária, utilizou-se o teste do χ^2 . Para avaliar a interdependência entre as dosagens séricas dentro da faixa etária e dos grupos determinados pelo grau de fechamento da placa epifisária e os valores de DMO, realizou-se ANOVA não paramétrica e não pareada. Correlacionou-se os achados radiográficos com os valores de DMO, as dosagens séricas e com o sexo e a faixa etária dos animais e suas possíveis interdependências, utilizando o teste t de Student.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa foram usados 120 animais, 60 para o estudo do fechamento da placa epifisária distal do rádio e o restante para a determinação da densidade mineral óssea. Portanto, o trabalho foi realizado em duas etapas distintas, utilizando grupos diferentes de animais.

No exame clínico dos animais, observou-se indivíduos com grande quantidade de ectoparasitos e escore corporal variando de um a três. Foram identificadas três fêmeas, duas paridas e uma prenhe com osteodistrofia fibrosa. As mucosas oculares e orais variaram de hipocoradas a hipercoradas. Na avaliação dentária para a determinação da idade, verificaram-se animais com afecções dentárias e lesões bucais.



FIGURA 11. Exame clínico dos animais. A e B - Fêmeas apresentando Osteodistrofia fibrosa (cara inchada); C - Avaliação da dentição para estimativa da idade. Animal apresentando afecções dentárias

Após o exame clínico, procedeu-se a realização do exame radiográfico para determinação da idade de fechamento da placa epifisária distal do rádio e posteriormente sua classificação quanto ao grau de fechamento.

O grupo de animais utilizado para determinação da idade de fechamento da epífise distal do rádio foi dividido em dois grupos, de acordo com o sexo (Tabela 1) e grau de fechamento da placa epifisária.

TABELA 1 – Distribuição dos equinos do grupamento baixadeiro, segundo o grau de fechamento da placa epifisária e o sexo. Maranhão, 2013

SEXO	GRAU DE FECHAMENTO DA PLACA EPIFISÁRIA			TOTAL
	A	B	C	
FÊMEAS	11	11	08	30
MACHOS	14	13	03	30
TOTAL	25	24	11	60

Ao analisar o grau de fechamento da placa epifisária e o sexo dos animais, observou-se 25 (41,66 %) dos equinos com grau A, 24 (40%) com B, enquanto que apenas 11 (18,33%) foram classificados em grau C. Procedendo-se o teste do χ^2 verificou-se não haver associação estatisticamente significativa entre estas duas variáveis ($p > 0,05$).

A distribuição dos animais por faixa etária mostrou que 29 (48,33%), encontravam-se num intervalo de idade maior que 18 meses e menor igual a 24 (Tabela 2).

TABELA 2 – Equinos do grupamento genético “baixadeiro”, distribuídos segundo o grau de fechamento da placa epifisária e a faixa etária. Maranhão, 2013

FAIXA ETÁRIA (meses)	GRAU DE FECHAMENTO DA PLACA EPIFISÁRIA			TOTAL
	A	B	C	
≤ 18	03	10	05	18
> 18 e ≤ 24	12	11	06	29
>24 e ≤ 30	10	03	00	13
TOTAL	25	24	11	60

Procedendo-se o teste do χ^2 verificou-se não haver associação estatisticamente significativa entre as duas variáveis ($p > 0,05$). Quanto à determinação da idade de fechamento da placa epifisária, observou-se que a idade média de fechamento nos machos foi de 26,7 meses enquanto nas fêmeas foi de 24, 5 meses (Tabela 3).

TABELA 3. Médias e desvios-padrão da idade em meses do fechamento da placa epifisária de equinos do grupamento genético “baixadeiro” de acordo com o sexo. Maranhão, 2013

SEXO	IDADE EM MESES	DESVIO PADRÃO
MACHO	26,7	4,87
FÊMEA	24,5	4,20

Os resultados obtidos neste estudo estão próximos aos mencionados por Myers e Emmerson (1966), que notificaram em torno de 24 meses no macho e 23 na fêmea da raça Árabe; as pesquisas de Pezzoli & Del Bue (1973) na raça Trotadora Italiana mostraram idade média entre 26 e 27 meses, sem especificar o sexo, resultado esse que reforça as médias encontradas no presente estudo. Da mesma forma Mamprim et al. 1992 em fêmeas da raça Manga-Larga, Vulcano et al. 1997 em machos e fêmeas da raça Puro Sangue Australiano, machos e fêmeas da raça Puro Sangue Inglês (VULCANO et al., 2000); Godoy et al. 2004 em fêmeas e machos da raça Brasileira de Hipismo e Luiz et al. (2007), 25 meses em potros crioulos mencionaram resultados que se aproximaram aos encontrados nos equinos do grupamento baixadeiro.

Na pesquisa se observou ainda que o fechamento epifisário ocorreu depois nos machos com relação às fêmeas, estando de acordo com informações publicadas por Gardner et al. (1988), ao estudarem o tempo de fechamento epifisário em humanos, encontrando resultados que demonstram fechamento mais precoce nas fêmeas em relação aos machos. Da mesma forma, o estudo de Vulcano et al., (1997) na raça Puro sangue Australiano e os Godoy et al. (2004) na raça Brasileira de Hipismo (BH), notificaram que o fechamento da placa epifisária ocorreu primeiro nas fêmeas, tal evento pode estar associado a fatores hormonais.

Ao analisar-se os resultados das dosagens séricas de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, em relação ao grau de fechamento da placa epifisária, observou-se não haver diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre as médias dos elementos estudados (Tabela 4).

TABELA 4. Valores médios e desvios-padrão das dosagens séricas de Cálcio (mg/dL), Fósforo (mg/dL) e Fosfatase Alcalina (U/L), de equinos do grupamento baixadeiro, distribuídos de acordo com o grau de fechamento da placa epifisária distal do rádio - Maranhão, 2013

DOSAGEM SÉRICA	GRAU DE FECHAMENTO DA PLACA EPIFISÁRIA			P	KW
	A	B	C		
CÁLCIO (mg/dL)	8,68 ± 1,95	8,25 ± 2,20	8,80 ± 2,24	0,8663	0,2872
FÓSFORO (mg/dL)	6,72 ± 1,24	6,68 ± 1,49	6,40 ± 1,85	0,9309	0,1431
FOSFATASE ALCALINA (U/L)	195,30 ± 25,71	196,53 ± 18,47	184,20 ± 32,20	0,8254	0,3837

Não há diferenças estatísticas significativas entre as médias ($p > 0,05$). ANOVA com comparação das médias pelo teste de Kruskal-Wallis não pareado.

As médias das dosagens séricas de cálcio obtidas neste trabalho variaram de 8,25 a 8,80 mg/dL quanto ao grau de fechamento. Resultados estes inferiores aos encontrados por Ribeiro et al. (2003), ao estudarem equinos e muares participantes de prova de longa distancia no Pantanal Mato Grossense, obtiveram valores médios de 4,9 e 5,1 mg/dL respectivamente e Campelo et al. (2008), ao estudarem éguas gestantes e não gestantes, encontraram valores variando de 1 a 1,4 mg/dL para raça Bretão e 1 a 1,3 mg/dL para raça BH em diferentes fases da gestação, provavelmente devido ao estado fisiológico em que se encontravam, além de variáveis tais como, idade dos animais estudados, manejo nutricional e localização geográfica.

Por outro lado, os valores encontrados neste trabalho apresentam-se abaixo dos citados por Kaneko et al., (1997), no seu estudo sobre bioquímica na clínica de animais domésticos, onde encontrou valores variando entre 11,2 e 13,6 mg/dL para equinos; Mundim et al., (2004), que pesquisaram o perfil bioquímico de equinos utilizados em trabalho dentro de centros urbanos e obtiveram valores de 10,01 mg/dL, onde sua amostragem incluía, animais mestiços, adultos, machos e fêmeas, aparentemente saudáveis e Vitti et al., (2008),

ao suplementarem equinos, que obtiveram valor médio de 11,94 mg/dL, apresentando valores mais altos do que os encontrados nos animais estudados, assim como.. Tais resultados podem estar relacionados ao manejo alimentar em que os animais são submetidos.

Quanto aos valores obtidos nas dosagens séricas de fósforo, os mesmos variaram entre 6,40 e 6,72 mg/dL de acordo com o grau de fechamento, resultado que foi inferior aos de Mullen et al. (1979) e Mundin et al. (2004), onde os valores encontrados variaram de 9,18 a 16,5 mg/dL. Porém, as dosagens séricas de P no presente estudo, foram superiores às médias encontradas por Vitti et al., (2008), os quais obtiveram médias entre 4,98 e 5,06 mg/dL de acordo com os diferentes níveis de Ca na dieta em equinos e Campelo et al., (2008), que ao estudarem éguas gestantes e não-gestantes, obtiveram valores médios de 3,9 para a raça BH e 4,4 mg/dL para a raça Bretão. Tais diferenças podem estar relacionadas com a idade, manejo e diferenças geográficas.

Quanto ao estudo da fosfatase alcalina, os valores obtidos variaram de 184,20 a 196,53 U/L, diferindo de Campelo et al. (2008) que encontraram valores entre 200 e 250 U/L e aos de Benesi et al. (2009) que ao estudarem potras da raça BH. As diferenças encontradas por estes pesquisadores podem estar relacionada com o metodologia utilizada, idade, manejo alimentar e de criação dos animais estudados neste trabalho.

Comparando-se as dosagens de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, em relação ao sexo dos animais, observou-se diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as médias em todas as variáveis analisadas. Verificou-se que a média de cálcio nos machos foi superior a encontrada nas fêmeas, enquanto que os valores encontrados de fósforo e fosfatase alcalina apresentaram médias superiores nas fêmeas em relação aos machos (Tabela 5).

TABELA 5. Valores médios e desvios-padrão das dosagens séricas de Cálcio (mg/dL), Fósforo (mg/dL) e Fosfatase Alcalina (U/L), de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, distribuídos de acordo com o sexo. Maranhão, 2013

DOSAGEM SÉRICA	SEXO		P	KW
	MACHO	FEMEA		
CÁLCIO (mg/dL)	9,29 ^a ± 1,98	8,03 ^b ± 2,05	0,0151	2,583
FÓFORO (mg/dL)	6,31 ^b ± 1,45	7,16 ^a ± 1,28	0,0420	2,128
FOSFATASE ALCALINA (U/L)	187,24 ^b ± 22,01	203,82 ^a ± 19,08	0,0024	3,331

a, b – letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas significativas entre as médias. ANOVA com comparação das médias pelo teste t não pareado;

A diferença estatística observada entre as médias das dosagens séricas de cálcio e fósforo de acordo com o sexo pode ser o resultado da interação destes minerais, onde segundo Tamin & Angel (2003) valores maiores de Ca podem acarretar na deficiência de P, mesmo que o consumo de P seja adequado, onde os machos apresentam uma baixa taxa de P e elevada de Ca. Diferente do que ocorre nas fêmeas, onde observamos altas taxas de P e baixas taxas de Ca, onde o mesmo autor justifica que a relação de dependência dos dois minerais pode ser inversa.

A diferença estatística entre as dosagens séricas de P em machos e fêmeas observadas no trabalho foram descritas por Cunha (1991), Mcdowell (1992) e NRC (2007), que em seus estudos observaram que esse macromineral pode sofrer influência de diversos fatores, dentre eles: raça, taxa de crescimento e produtividade, estresse de treinamento, desempenho, idade, qualidade dos alimentos volumosos, condição ambiental, nível de sudorese e de outros minerais na ração, assim como a idade dos animais.

A diferença dos valores de FA encontrados nas fêmeas quando comparadas aos machos, são dados relevantes, pois de acordo com Costa et al. (2009), essa enzima pode sofrer influência hormonal.

Confrontando-se as dosagens séricas de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, em relação à faixa etária dos equinos, não foram verificadas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$), (Tabela 6).

TABELA 6. Valores médios e desvios-padrão das dosagens séricas de Cálcio (mg/dL), Fósforo (mg/dL) e Fosfatase Alcalina (U/L), de equinos do grupamento genético “baixadeiro” de acordo com a faixa etária. Maranhão, 2013

DOSAGEM SÉRICA	FAIXA ETÁRIA			P	KW
	≤ 18	$> 18 \text{ e } \leq 24$	$>24 \text{ e } \leq 30$		
CÁLCIO (mg/dL)	8,22± 2,10	8,32 ± 2,00	8,80 ± 2,33	0,0773	5,121
FÓFORO (mg/dL)	6,65 ± 1,36	6,58 ± 1,43	6,99 ± 1,28	0,7149	0,6712
FOSFATASE ALCALINA (U/L)	188,79 ± 25,43	196,50 ± 22,40	199,14 ± 18,66	0,3757	1,958

Não houve diferenças estatísticas significativas entre as médias ($p > 0,05$). ANOVA com comparação das médias pelo teste de Kruskal-Wallis não pareado.

Os valores médios de Ca encontrados no presente trabalho, estão de acordo com os mencionados por Lewis et al. (2000), que ao estudarem éguas lactantes e potros ao desmame, observaram que as concentrações desse mineral estariam menor, isto devido às maiores exigências deste mineral nessas fases.

As dosagens séricas de FA não variaram estatisticamente quando correlacionados com a idade, resultado que estão de acordo com Sato et al., (1979), Dumas e Spano, (1980), Rumbaugh, (1983), Komarek (1986), Bauer et al., (1990), Lepage et al., (1990) e Benesi et al., (2009) que observaram que após os seis meses de idade os valores dessa enzima mantiveram-se com pequenas oscilações alcançando médias semelhantes àqueles dos animais adultos.

Os valores das dosagens de FA variaram entre 188,79 e 199,14 U/L, resultados que estão dentro dos observados por Kaneko et al. (1997); Radostits et al., (2002); Campelo et al., (2008) e Benesi et al., (2009).

Ao estabelecer a correlação entre o grau de fechamento da epífise óssea com as variáveis séricas (cálcio, fósforo e fosfatase alcalina), bem como as características dos animais (sexo e faixa etária) e as interdependências possíveis, verificou-se haver correlação entre fósforo/fosfatase alcalina e cálcio/fosfatase alcalina, que apresentaram dependência parcial e positiva ($p < 0,05$), conforme demonstrado no diagrama de dispersão (Figura 12) e dependência parcial negativa (Figura 13) respectivamente.

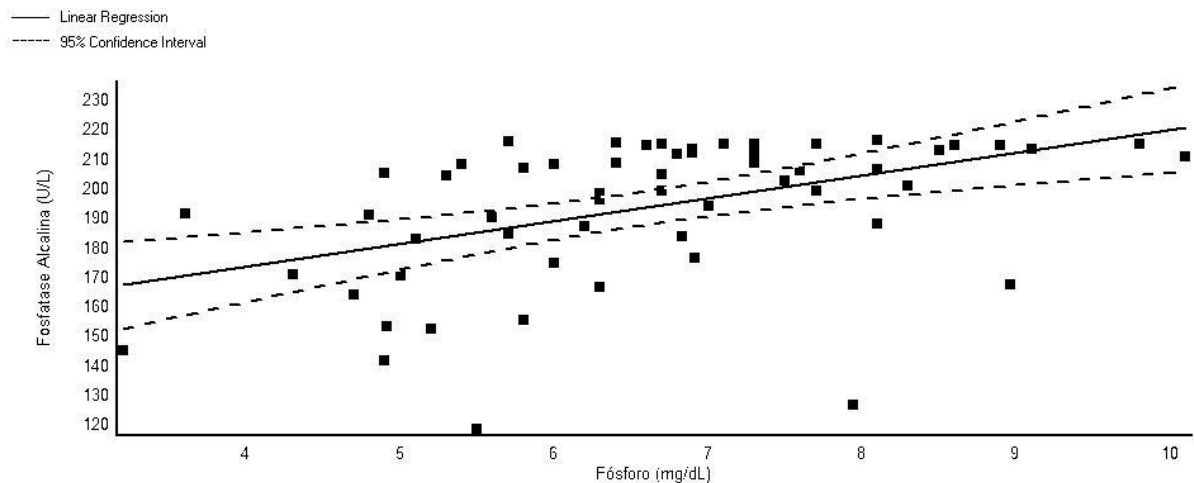


FIGURA 12. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de fósforo (x) ($6,64 \pm 1,44$ mg/dL) e fosfatase alcalina (y) ($193,78 \pm 24,36$ mg/dL), de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = 0,459$; $r^2 = 0,212$; $p = 0,0002$; $CV\% = 0,1017\%$.

Ao observar o diagrama de dispersão da análise de regressão e correlação entre a dosagem de fósforo (x) ($6,64 \pm 1,44$ mg/dL) e fosfatase alcalina (y) ($193,78 \pm 24,36$ mg/dL), independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária pode-se verificar a existência de correlação entre as variáveis ($r = 0,459$) com dependência parcial e positiva, com determinação insignificante ($r^2 = 0,212$), sendo extremamente significativa esta regressão pelo teste t ($p = 0,0002$).

Essa dependência estatística pode estar relacionada com o fato de que, para a fosfatase alcalina iniciar a sua atividade, a mesma precisa de um meio alcalino e o P é um mineral importante na contribuição para estabelecer e manter a pressão osmótica e o equilíbrio ácido-básico dos animais, de acordo com a pesquisa de Murakami (2006).

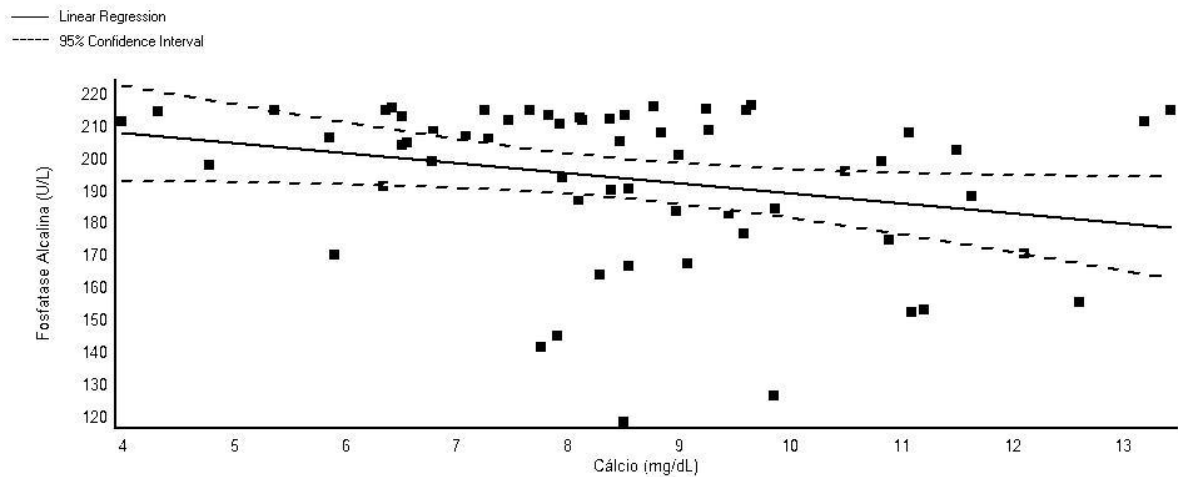


FIGURA 13. Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de cálcio (x) ($8,52 \pm 2,10$ mg/dL) e fosfatase alcalina (y) ($193,78 \pm 24,36$ mg/dL), de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = -0,2664$; $r^2 = 0,71$; $p = 0,0396$; $CV\% = 0,1207\%$.

Ao observar o diagrama de dispersão da análise de regressão e correlação entre a dosagem de cálcio (x) ($8,52 \pm 2,10$ mg/dL) e fosfatase alcalina (y) ($193,78 \pm 24,36$ mg/dL), de equinos do grupamento baixadeiro, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária pode-se verificar a existência de correlação entre as variáveis ($r = -0,2664$) com dependência parcial e negativa, com determinação significativa ($r^2 = 0,71$), sendo significativa esta regressão pelo teste t ($p = 0,0396$).

De acordo com Kaneko (1997), essa dependência negativa pode ocorrer devido a que a fosfatemia não depende de fatores hormonais, mas está intimamente ligada aos mecanismos reguladores de cálcio, e o declínio nas concentrações de fósforo, podendo estar relacionado ao maior aporte de cálcio de origem alimentar do que à reabsorção.

No estudo da determinação da densidade mineral do carpo acessório utilizou-se a técnica de densitometria óptica radiográfica. Na pesquisa se verificou que os valores dessas densidades foi de $2,86 \pm 0,47$ para machos e $3,20 \pm 0,77$ mmAl para fêmeas não havendo diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre o sexo, conforme mostrado na tabela 07.

Valores estão abaixo dos encontrados por em estudos realizados anteriormente. Tal diferença pode ser justificada pelo tipo de manejo alimentar e falta de fonte de cálcio e fósforo. De acordo com NRC (1996) e Rezende (2005) a deficiência desses minerais pode provocar transtornos em quase todas as fases de desenvolvimento do animal.

Os resultados encontrados neste estudo estão abaixo dos informados por Vulcano (2001) que analisou equinos machos e fêmeas em fase de crescimento da raça Puro Sangue Inglês, encontrando valores médios de DMO de $4,58 \pm 0,40$ mmAl para fêmeas e $4,46 \pm 0,36$ para machos; Prado Filho & Sterman (2004), estudaram também potros PSI, em início de treinamento, obtendo valores $5,4 \pm 0,6$ para machos e de $5,3 \pm 0,6$ para fêmeas, Godoy et al. (2005) avaliaram equinos da raça Brasileiro de Hipismo e encontraram valores de $4,7 \pm 0,1$ mmAl para machos e $4,6 \pm 0,1$ mmAl para as fêmeas, Vulcano et al. (2006), estudando a raça Quarto de Milha, encontraram valores de DMO de $4,49 \pm 0,69$ e $4,43 \pm 0,81$ para machos e constataram ainda que não houve diferença estatística significativa ao correlacionar a variável sexo dos animais, a mesma não apresentou diferença estatística significativa, o que está de acordo com as informações dos pesquisadores acima citados

Em trabalho realizado por Vulcano et al. (1997a) em potros da raça Quarto de Milha, mencionaram que houve diferença da DMO com respeito ao sexo em que os machos apresentaram densidade menor que a densidade encontrada nas fêmeas.

TABELA 07. Valores médios e desvios-padrão em mmAl da densidade mineral do osso acessório do carpo de equinos do grupamento genético Baixadeiro, Baixada Ocidental Maranhense, Brasil

Animais	Machos	Fêmeas
01	2,39	3,50
02	2,83	2,70
03	2,07	2,91
04	3,61	2,51
05	2,32	2,85
06	2,96	2,37
07	3,10	4,47
08	2,60	2,85
09	2,64	3,84
10	2,87	2,49
11	2,73	3,99
12	2,85	2,41
13	2,54	3,52
14	2,89	3,18
15	2,54	2,70
16	3,10	4,09
17	3,54	2,51
18	2,55	2,33
19	2,09	2,31
20	3,19	2,73
21	2,98	3,02
22	3,80	2,98
23	3,76	1,73
24	2,83	2,54
25	-	3,46
26	-	5,21
27	-	2,64
28	-	3,90
29	-	3,35
30	-	4,58
31	-	2,99
32	-	3,09
33	-	3,85
34	-	3,27
35	-	3,80
36	-	4,38
Média	2,86 ^a	3,20 ^a
Desvio padrão	0,47	0,77

a – letras iguais na mesma linha indicam não haver diferenças estatísticas significativas entre as médias ($p > 0,05$). ANOVA com comparação das médias pelo teste de Kolmogorov and Smirnov não pareado

O baixo valor da densidade mineral óssea em relação ao outros trabalhos pode está associado ao tipo de manejo de criação e nutricional que estes animais estão impostos, uma vez que os equinos do grupamento genético baixadeiro vivem sob manejo ultra-extensivo e alimentam-se somente da pastagem nativa, sem quais quer suplementação mineral, segundo Serra, (2004). Nossos resultados coincidem com os resultados de Prado Filho, (2001), onde este observou que certa variação da DMO é aceitável em potros da raça PSI com idade média de 18 meses de idade, visto que a densidade óssea sofre influência da linhagem e das condições de criação para estes equinos.

Comparando os valores obtidos da densidade mineral óssea com o fechamento da placa epifisária, obtivemos diferenças estatísticas significativa, visto que a o grau de fechamento da placa varia de acordo com a idade do animal.

TABELA 08. Valores das médias de desvios-padrão da densidade mineral óssea em mmAl de equinos do grupamento genético “baixadeiro”, oriundos da Baixada ocidental Maranhense, em relação ao grau de fechamento da placa epifisária distal do rádio.

	Placa epifisária aberta	Placa epifisária fechada
Média (X)	2.90 ^a	3.42 ^b
Desvio padrão (DP)	0.54	0.81
KS	0.14	0.11
Número de amostras (n)	36	22

a, b – letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas significativas entre as médias. ANOVA com comparação das médias pelo teste Kolmogorov and Smirnov não pareado.

A diferença obtida entre os valores de DMO em animais com idades diferentes coincide com os resultados encontrados por Vulcano, (2001), onde este avaliou animais da raça Puro Sangue Inglês a partir de 12 meses de idade até o fechamento total da placa epifisária distal do rádio, por volta dos 26 meses, encontrando valores diferentes de acordo com a idade. Os valores encontrados por ele aumentavam de acordo com a idade dos animais, assim como também foi verificado neste estudo.

Confrontando ainda os valores de densidade mineral óssea com testes bioquímicos realizados nos animais estudados, não foi verificada correlação estatisticamente significativa com os valores de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina. Informação essa verificada nas figuras 14, 15 e 16.

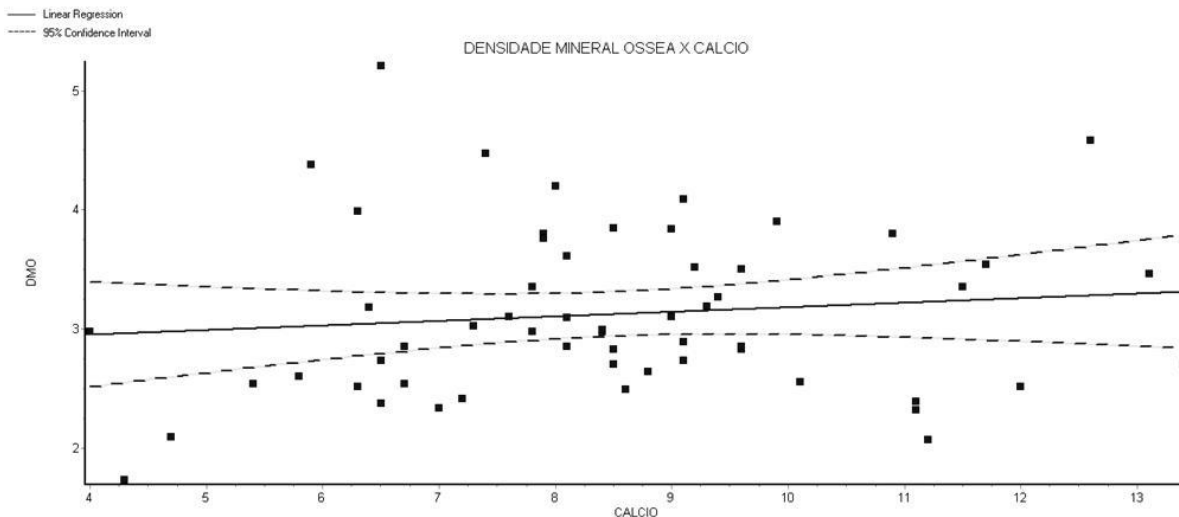


Figura 14 – Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de DMO (x) ($3,10 \pm 0,69$ mmAl) e cálcio (y) ($8,52 \pm 2,15$ mg/dL), de equinos do grupamento baixadeiro, oriundos do estado do Maranhão, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = 0,1155$; $r^2 = 0,013$; $p = 0,3923$; $CV\% = 13\%$.

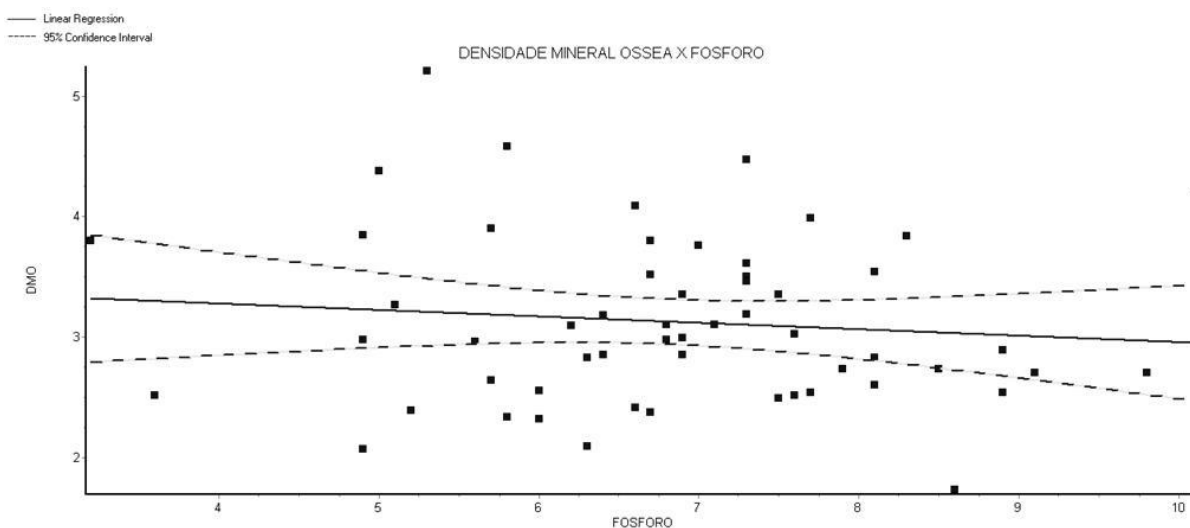


Figura 15 – Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de DMO (x) ($3,10 \pm 0,69$ mm/Al) e fósforo (y) ($6,79 \pm 1,41$ mg/dL), de equinos do grupamento baixadeiro, oriundos do estado do Maranhão, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = -0,1055$; $r^2 = 0,01$; $p = 0,4348$; $CV\% = 8\%$

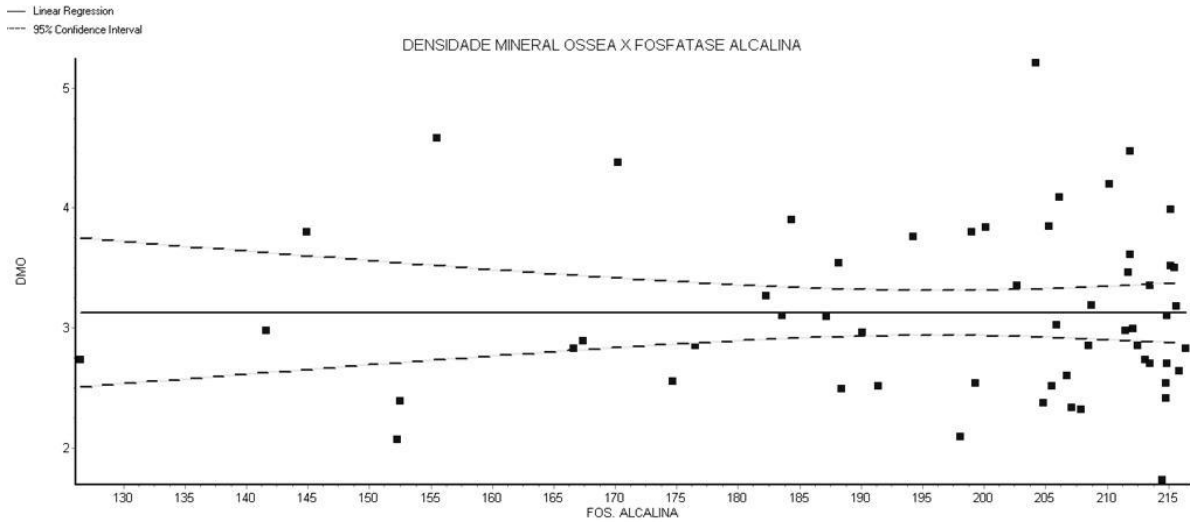


Figura 16 – Diagrama de dispersão e equação de regressão, da análise de regressão e correlação entre a dosagem de fosfatase alcalina (y) ($195,66 \pm 22,32$ U/L) e DMO (x) ($3,10 \pm 0,69$ mmAl), de equinos do grupamento baixadeiro, oriundos do estado do Maranhão, independente do grau de fechamento da placa epifisária, sexo e faixa etária. $r = -0,0014$; $r^2 = 0,0000019$; $p = 0,99$; $CV\% = 0,8\%$

6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos podemos concluir que:

- Os valores da densidade mineral obtidos para nos equinos deste estudo foram de $2,86 \pm 0,47$ para fêmeas e $3,20 \pm 0,77$ para machos;
- A idade de fechamento da epífise distal do rádio em equinos do grupamento baixadeiro foi de aproximadamente 26,7 meses nos machos e 24,5 meses nas fêmeas;
- O sexo dos animais não interferiu nos resultados da DMO, já a densidade óssea aumenta com a evolução óssea provocada pela idade;
- Quanto à mensuração das dosagens de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina, os valores encontrados estão dentro de intervalos considerados normais para a espécie.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, J. D. S., STERMAN, F. A. Determinação da densidade mineral óssea da extremidade distal do rádio de cães da raça Rottweiler, por meio da densitometria óptica radiográfica. **Veterinária e Zootecnia**. 2010 jun.; 17(2): 229-237.

BAKER, D. C.; CAMPBELL, T. W.; DENICOLA, D.; FETTMAN, M. J.; LASSEN, E. D.; REBAR, A.; WEISER, G. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2007, 575 p.

BANKS, W. J. Tecidos de sustentação. In: BANKS, W. J. **Histologia veterinária aplicada**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992. p. 137-213.

BARON, R. Anatomy and ultrastructure of bone. In: FAVUS, M. J. Primer on metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism. **Kelseyville: American Society for Bone and Mineral Research, 1990**. p. 3-7.

BAUER, J. E. Normal blood chemistry. In: KOTERBA, A. M.; DRUMMOND, W. H.; KOSCH, P. C. (Ed.). Equine clinical neonatology. **Philadelphia: Lea & Febiger, 1990**. p. 602-614.

BENESI, F. J.; KOGIKA, M. M. Fluidoterapia. In: SPINOSA, H. S.; GORNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. (Ed.). **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 2. ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1999. Cap. 54, p. 575-601.

BICALHO, H. M. S. **Grupos sanguíneos e polimorfismos de proteínas do sangue da raça Caracu (Bos taurus taurus). Análise populacional**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1985, 114p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1985.

BOONEN, S.; SHENG, X.; NICHOLSON, P.H.F.; VERBEKE, G.; BROOS, P.; DEQUERER, J. the accuracy of peripheral skeletal assessment at radius in estimating femoral bone density as measured by dual-energy X-ray absorptiometry: a comparative study of single-photon absorptiometry and computed tomography. **Journal Of Internal Medicine**, v.242, p.323-328, 1997.

CAMPELO, J. A. C.S. **Perfil bioquímico sérico de éguas gestantes e não gestantes das raças brasileiro de hipismo e bretão**. Tese – Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. Campus Jaboticabal.

COLES, E. H. **Patologia clínica veterinária**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1984 566p.

COOPER, C.; CAWLEY, M.; BHALLA, A. Childhood growth, physical activity, and peak bone mass in women. **Journal Bone Mineral Research**. v.10: p. 940-947, 1995.

COSTA, F. S.; Correlação entre a densidade mineral óssea e níveis séricos de cálcio, fósforo e fosfatase alcalina total em gatos após tirotoxicose experimental. **Braz. J. vet. Res. anim. Sci.**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 138-143, 2009.

CUNHA, T. J. Horse. **Feeding and nutrition**. 2. ed. San Diego, Califórnia: Academic Press, 1991. 445p.

DELLMANN, D. H.; EURELL, A. J. **Textbook of Veterinary Histology**. 5 ed. Baltimore: Lippincott Williams & Williams, 1998.

DUBREZ, B.; JACOT-DESCOMBES, A.; PUN, T.; CIMASONI, G. Comparasion of photodesintometric with high-resolution digital analysis of bone density from serial dental radiographs. **Dentomaxilofacial Radiology**, v.21, p.40-44, 1992.

DUMAS, M. B.; SPANO, J. S. Characterization of equine alkaline phosphatase isoenzymes based on their electrophoretic mobility by polyacrylamide gel disc electrophoresis. **American Journal Veterinary Research**, v. 41, n. 12, p. 2076-2081, 1980.

EMBRAPA. disponível em <http://plataformarg.cenargen.embrapa.br/pnrg/rede-animal/projetos-componentes-1/pc3a-caracterizacao-genetica-de-recursos-geneticos-animais/planos-de-acao/pa3-analise-genetica-de-equideos-de-racas-naturalizadas>. Acesso em 9 de dezembro de 2010.

FREEDLAND, R. A. & KRAMER, J. W. Use of serum enzymes as AIDS to diagnosis. **Advances veterinary Science Medicine**. 14: 61-103, 1970.

GARDNER, E.; GRAY, D.J.; RAHILLY, R.O. **Anatomia estudo regional do corpo humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 815p.

GARTON, M. J., ROBERTSON, E. M., GILBERT, F. J., GOMERSALL, L., REID, D. M. Can Radiologists Detect Osteopenia on Plain Radiographs. **Clinical Radiology**, v. 49, p. 118-122. 1993.

GEPLAN. **Atlas do Maranhão/ Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico**. Laboratório de Geoprocessamento-UEMA. São Luís, 2002.

GODOY, C. L. B. VULCANO, L. C.; SANTOS, F. A. M.; SOARES, J. C. M. Fechamento epifisário da extremidade distal do rádio de eqüinos da raça brasileira de hipismo (BH). **Ciência Rural**, v.34, n° 06: 1813 - 1815, 2004.

_____ VULCANO, L. C.; SANTOS, F. A. M., J. C. M. Valores normais da densidade mineral óssea do acessório do carpo em eqüinos da raça Brasileiro de Hipismo (BH) determinados por meio da densitometria óptica em imagem radiográfica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.3, p.607-610, mai-jun, 2005.

GÜRTLER AC, KOLB E, SCHRÖDER L, KETZ HA, SEIDEL H. **Fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan; 1984. p.454-78.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. p. 895-910.

HARVEY, R. B; HAMBRIGHT, M. P; ROWE, L. D. Clínicl biochemical and hematologic values of the American miniature horse: reference values. **American Journal of Veterinary Research**. Cshaumburg.v. 45, n. 5, p. 987-990, may.1984.

HAYASHI, T. et al. Evaluation of bone density in newborn infants by computed X-ray densitometry. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 23, n. 2, p. 130-134, 1996.

HODGSON, S. **Guia da Clínica Mayo sobre osteoporose: como manter seus ossos saudáveis e fortes e reduzir o risco de fraturas**. Rio de Janeiro: Anima, 2005.

HOFFMAN, R. M. et al. Dietary carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 12, p. 3330-3338, 1999.

IBGE. disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso 20 de maio de 2011.

JACKSON, S. G. Trace minerals for the performance horse know biochemical roles and estimates of requirements. **Continuing Education**, v.50, p.668-674, 1997.

_____ & MCCARTNEY. Non-invasive measurement of bone. A review of clinical and research applications in the horse. **Equine Veterinary Journal Supplements**, v.6, p.71-79, 1988.

JEFFCOTT, L. B. Training effects on bone joints. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF EQUINE SPORTS MEDICINE, 1990, Stockholm. Proceedings... Stockholm: The Association for Equine Sports Medicine, 1990. p.14-17.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Tecido ósseo. In:_____ . Histologia básica. 8. ed.** Rio de Janeiro: Guanabara Coogan, 1995. p. 108-125.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Clinical biochemistry of domestic animals. **San Diego: Academic Press, 1997. 932 p.**

KERBER, C. E. Métodos para avaliação da mineralização de equinos em crescimento. **Redevet- Portal Veterinário**, São Paulo, 2001. Acessado em 27 de setembro de 2012. Online. **Disponível em: <http://www.redevet.com.br/artigos/metodos.htm>**

KOBLUCK, C. N.; AMES, T. R.; GEOR, R. J. The horse: diseases & clinical management. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1995.1336p.

KOMAREC, J. Biochemical reference values of the blood of foals and their significance in monitoring their health. **Veterinarstvi**, v. 36, n. 11, p. 502-504, 1986.

LAUTEN, S. D., COX, N. R., BRAWNER JR, W. R., BAKER, H. J. Use of dual energy x-ray absorptiometry for noninvasive body composition measurements in clinically normal dogs. **American journal of veterinary research**, v. 62(8), p. 1295- 1301, 2001.

LEAL, A.C.R., **Determinação dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) da extremidade distal do rádio em cães por meio da técnica de densitometria óptica radiográfica em imagens radiográficas: correlação entre o peso, sexo e idade.** Botucatu, 2002, 51p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista – Campus de Botucatu.

LEPAGE, O. M.; MARCOUX, M.; TREMBLAY, A. Serum osteocalcin or bone Gla-protein, a biochemical marker for bone metabolism in horses: differences in serum levels with age.

Canadian Journal of Veterinary Research, n. 54, p. 223-226, 1990.

LEWIS, L. D. **Minerais para os eqüinos. In: LEWIS, L. D. Nutrição Clínica Eqüina: alimentação e cuidados.** São Paulo: Rocca, 2000. p. 29-73.

LIMA E SILVA, R.; BORTOLOZZI, J.; RAMOS, P. R. R.; DIERCKX, S. M. Polimorfismo genético-bioquímico de enzimas em éguas da raça mangalarga. **Archivo Latinoamerican Production Animal**, v.10, n.3, p.149- 152, 2002.

LIRANI, A. P. R. **Estudo comparativo dos efeitos do ultra-som e do laser de baixa intensidade no reparo ósseo de tíbia de rato.** 2004. Dissertação Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LOPES, J. B., FURTADO, C. E., VITTI, D. M.S.S., ABDALLA, A. L., HADDAD, H. T.M.L. Metabolismo do Fósforo em Eqüinos. 1. Avaliação dietética de diferentes fontes de Fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1339-1347, 2003.

LOUZADA, M. J. Q.; PELÁ, C. A.; BELANGERO, W. D.; SANTOS PINTO, R. Densidade de peças ósseas de frangos. Estudo pela densitometria óptica radiográfica. **Veterinária e Zootecnia**, v. 9, p. 95-109, 1997.

LUIZ, C. R et al Fechamento das placas epifisárias do metacarpo principal, do radio e da tíbia em potros crioulos. 2007, **disponível em: www.bvv.com.br. Acesso em 15.ago.12.**

LUMSDEN, J. H.; ROWE, R.; MULLEN, K. Hematology and biochemistry reference values for the light horse. **Canadian Journal Comparative Medicine, Ottawa**, v.44, n.1, p. 32-42, jan.1980.

MACK, P. B.; VOSE, G. P.; NELSON, J. D. New development in equipment for the roentgenographic measurement of bone density. **Am J Roentgenol**. 1982; 82: 303-0.

MÄENPÄÄ, P. H. et al. Biochemical indicators of bone formation in foals after transfer from pasture to stables for the winter months. **American journal of veterinary research**, v. 49, n. 11, 1988, p. 1990-1992.

MAKAN, S.; BAYLEY, H. S.; WEBBER, C. E. Precision and accuracy of total bone mass and body composition measurements in the rat using X-ray-based dual photon absorptiometry. **Canadian Journal Physiology and Pharmacology**, v.75, p.1257-1261, 1997.

MAMPRIM, M. J.; VULCANO, L. C.; MUNIZ, L. M. R. Estudo radiográfico do fechamento da epífise distal do rádio em potras da raça Manga-Larga., v.4, p.59- 62, 1992.

MARKEL, M. D.; BOGDANSKE, J. J. Dual-energy x-ray absorptiometry of canine femurs with and without fracture fixation devices. **American journal of veterinary research**, v. 55(6), p. 862-866, 1994.

MARTIN, R. B.; PAPAMICHOS, T.; DANNUCCI, G. A. Linear calibration of radiographic mineral density using video-digitizing methods. **Calcified Tissue International**, v. 47, n. 2, p. 82-91, 1990.

MASON, T. A.; BOURKE, J. M. Closure of the distal radial epiphysis and its relationship to unsoundness in two year old thoroughbreds. **Australian Veterinary Journal**, v.49, p.221-228, 1973.

MCCLURE, S. R.; GLICKMAN, L. T.; GLICKMAN, N. W.; WEAVER, C. M. Evaluation of dual energy x-ray absorptiometry for in situ measurement of bone mineral density of equine metacarpi. **American journal of veterinary research**, v. 62(5), p. 752-56, 2001.

McDOWELL, L. R. Mineral in animal and human nutrition. **San Diego, California: Academic Press**, 1992. 524p.

McKENSIE, R. A.; BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W. The effect of dietary oxalate on calcium, phosphorus and magnesium balances in horses. **Journal of Agricultural Science**, v.97, n.1, p.69-74, 1981.

MCMANUS, C. et al. Caracterização Morfológica de Eqüinos da Raça Campeiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1553-1562, 2005.

MCMANUS, C. et al., Cavalos Marajoara e Puruca. ICNT. **Informação genético-sanitária da pecuária brasileira. Série técnica: genética**. 2010.

MEAKIM, D. W. et al. Estimation of mineral content of the equine third metacarpal by radiographic photometry. **Journal of Animal Science**, v. 53, n. 4, p. 1019-1026, 1981.

MESSER, N. T. The use of laboratory tests in equine practice. **Veterinary Clinics North America: equine practice, Philadelphia**, v.11, n.3, p.345-350, dec.1995.

MEYER, D. J.; COLES, E. H.; RICH, L. J. **Medicina de laboratório veterinária: interpretação e diagnóstico**. São Paulo: Roca, 1995. 308p.

MILLER, P. D.; BONNICK, S. L. Clinical application of bone densitometry. In: FAVUS, M. J. **Primer on the metabolic bone diseases and disorders of mineral metabolism**. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins, 1999. p. 152-159.

MULLEN, P.A.; HOPES, R.; SEWELL, J. The biochemistry, haematology, nutrition and racing performance of two-year-old thoroughbreds throughout their training and racing season. **Veterinary Record**, v.104, n.2, p. 90-95, 1979.

MUNDIN, A. V.; TEIXEIRA, A. A.; GALO, J. A. Perfil bioquímico e osmoralidade sangüínea de eqüinos utilizados para trabalho em centros urbanos. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 20, n. 1, p. 135-142, 2004.

MURAKAMI, A. E.; SAKAMOTO, M. I.; SOUZA, L. M. G. de; FRANCO, J. R. G.; MITUO, M. A. O. Determinação do melhor nível de sal comum para codornas japonesas em postura, **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa**, v. 35, n. 6, p. 2333-2337. 2006.

MURAMOTO, C. **Estabelecimento de valores de densidade mineral óssea (DMO) das regiões metafisária e diafisária do rádio em cães da raça poodle por meio da densitometria óptica radiográfica** [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo; 2003.

MYERS JR, V. S.; EMMERSON, M. A. The age and manner of epiphyseal closure in the forelegs of two Arabian foals. **American Veterinary Radiology Society**, v.7, p.39-47, 1966.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (NIH): Consensus development panel on optimal calcium intake. **Journal American Medicine Association**. v. 272 :1942-1948, 1994.

NRC. National Research Council. **Nutrient Requirements of Horses**. 6. ed. Washington D. C. NRC, 2007. 341 p.

O'CALLAGHAN, M.W. A brief look at new technologies and their potential application to equine diagnosis. **Veterinary Clinics of North America**, v.7, p.467-479, 1991.

OLSEN, W. A & LLOYD, M. L: **Bockus Gastroenterology**. 5ed, Saunders, 1994, Vol. 2, p. 955-963.

ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIAC, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1996. p. 545.

PEZZOLI, G.; DEL BUE, M. Valuazione radiografica della maturità ossea nel cavallo Trotatore al fini del l'allenamento. **Atti de la Societa Italiana della Scienze Veterinarie**, v.27, p.360-364, 1973.

PLOTNICK, I. J.; BERESIN, V. E.; SIMKINS, A. B. Study of in vivo radiographic densitometry. **Journal of Dental Research**, v. 49, n. 5, p. 1034-1041, 1970.

PRADO FILHO, J. R. C. **Avaliação da densidade óssea em potros da raça Puro Sangue Inglês em início de treinamento** [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo; 2001.

PRADO FILHO, J. R. C.; STERMAN, F. A. Avaliação da densidade mineral óssea em potros da raça Puro Sangue Inglês em início de treinamento. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** 2004, n 41: 384-388.

PRICE, J. S.; OYAJOBI, B. O.; RUSSEL, R. G. G. The cell biology of bone growth. **Eur. J. Cilm. Nutr.**, n. 48, p. S131-S149, 1993.

PUOLI FILHO, J. N. P.; COSTA, C.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C. Suplementação mineral e mobilização de cálcio nos ossos de eqüinos em pastagem de *Brachiaria humidicola*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 873-878, 1999.

RADIN, M. J. Interpretação de perfis bioquímicos. In: FENNER, W. R. **Consulta rápida em clínica veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. cap.13, p. 120-128.

RADOSTITS, O. M.; MAYHEW, I. G.; HOUSTON, D. M. **Exame clínico e diagnóstico em veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 591 p.

RAHAL, S. C. et al. Densitometria óptica radiográfica na avaliação do hiperparatireodismo secundário nutricional induzido em gatos jovens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p.421-425, 2002.

REICH, A. et al. Weight loading young chicks inhibit bone elongation and promote growth plate ossification and vascularization. **Journal Applied Physiology**, v.98, p.2381- 2389, 2005.

REZENDE, A. S. C. **A importância da ingestão de sal mineral na nutrição de equinos**. Abcpampa. 2005.

RIBEIRO FILHO, J. D. **Tratamento da compactação experimental do cólon maior de equinos com sene, fluidoterapia enteral e parenteral**. 130 f. Tese (Doutorado em Patologia e Ciências Clínicas) –Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2003.

ROSS, M. W.; DYSON, S. J. **Diagnosis and management of lameness in the horse**. St. Louis: saunders, 2003.1140p.

RUMBAUGH, C. E.; ADAMSON, P. J. W. Automated serum chemical analysis in the foal. **Journal American Veterinary Medical Association**, v. 183, n. 7, p. 769- 772, 1983.

SANTOS, F. A. M. **Determinação dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) da extremidade distal do rádio-ulna em gatos, por meio da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas: correlação entre peso, sexo e idade**. Botucatu, 2002. 54p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista.

SATO, T.; ODA, K.; KUBO, M. Hematological and biochemical values of throughbred foals in the first six months of life. **Cornell Veterinary**, v. 69, n. 1, p. 3-19, 1979.

SCHALM, O.W.; JAIN, N. C.; CARROL, E.J. **Veterinary hematology**. Philadelphia: Lea & Febiger,1975. 807 p.

SCHEFFER, J. F.; GONZÁLEZ, F. H. D. **Enzimologia clínica em medicina veterinária.**

Disponível em <<http://www6.ufrgs.br/bioquímica/pesquisa/bioqchin/>>. Acesso em: 14 ago. 2012.

SCHMIDT C, FRANCO SRVS, VULCANO LC, GODOY CLB, RAISER AG. Densidade mineral óssea em cadelas submetidas à ovariosterectomia com e sem reposição estrogênica oral. **Arq Bras Med Vet Zootec.** 2006; 58: 506-0.

SCOTTI, E.; JEFFCOTT, L. B. The hock as a potential site for non-invasive bone measurement. **Equine Veterinary Journal**, p. 93-98, 1988. Supplement 6.

SEO, S. G. et al. Assessment of bone density in the distal radius with computer assisted X-ray densitometry (CXD). **Bone and Mineral**, v. 27, n. 3, p. 173-182, 1994.

SERRA. O. R. **Condições de manejo, preservação e caracterização fenotípica do grupamento genético equinos “Baixadeiro”.** 2004. Dissertação de mestrado em Agroecologia. Universidade Estadual do Maranhão, Campus Paulo VI, São Luis, Maranhão.

SILVA, L.; ALLGAYER, M. C. **Estudo hematológico e bioquímico dos equinos da raça Puro Sangue Inglês do Jockey Club do Rio Grande do Sul.** Salão de Iniciação Científica (24.: 2012 out. 1-5: UFRGS, Porto Alegre, RS).

SMITH, B. P.; **Tratado de Medicina Interna de Grandes Animais.** São Paulo: Manole, 1996. v.2, p. 1310-1311.

STASHAK, T. S. **Claudicação em equinos Segundo Adams.** 5. ed. São Paulo: Roca, 2006a.1174p.

STASHAK, T. S. **Claudicação em equinos segundo Adams.** 5 ed. São Paulo: Roca, 2006b, 32-35p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **The SAS system for windows**. Release 8.01. Cary: 2000. (CD-ROM).

STOLIKER, H. E., DUNLAP, H. L., KRONFELD, D. S. Bone mineral measurement by photon densitometry in racing sled dogs, and its relationship to body weight, sex and bone fractures. **Vet Med Small Anim Clin**. v. 71(11), p. 1545-50, 1976.

SWEZEY, R. L.; DRAPER, D.; SWEZEY, A. M. Bone densitometry: comparison of dual energy X-ray absorptiometry to radiographic absorptiometry. **The Journal of Rheumatology**, v.23, p.1734-1738, 1996.

TAMIM, N. M.; ANGEL, R. Phytate phosphorus hydrolysis as influenced by dietary calcium and micro-mineral source in broiler diets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.16, p.4687-4693, 2003.

THOMASSIAN, A. **Enfermidades dos cavalos**. 3. ed., São Paulo: Varela, 1996. 644 p.

TROUERBACH, W. T. et al. A study of the radiographic aluminum equivalent values of the mandible. **Oral Surgery**, v. 58, n. 5, p. 610-616, 1984.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Wallingford: CAB, 1999. 614p.

WAHNER, H. W. Bone mineral measurements: a new clinical tool. **J Nucl Med**, v. 25 (3), p. 383-4, 1984.

YANG, S. et al. Radiographic absorptiometry for bone mineral measurement of the phalanges: precision and accuracy study. **Radiology**, v. 192, n. 3, p. 857- 859, 1994.

YATES, A. J.; ROSS, P. D.; LYDICK, E.; EPSTEIN, R. S. Radiographic absorptiometry in the diagnosis of osteoporosis. **Am J Med**. 1995; 98: 41S-7S.

VIEIRA, J. G. Considerações sobre os marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo e sua utilidade prática. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 43, p. 415-422, 1999.

VITTI et al., Efeitos de diferentes níveis de cálcio dietético na cinética de cálcio e fósforo em equinos. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.3, p.478-486, 2008.

VULCANO, L. C, **Determinação e padronização dos valores normais da densidade mineral óssea (DMO) do carpo acessório de equinos em crescimento, da raça Puro Sangue Inglês (PSI), por meio da densitometria óptica em imagem radiográfica.** 2001. 62f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu.

_____ et al. Carpo ulnar bone density in quarter horse foals measured by radiographic optical densitometry. **Hora Veterinária**, v.100, p.52-54, 1997a.

_____ et al. Radiographic study of distal radial physeal closure in thoroughbred horses. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.38, p. 352-354, 1997b.

_____ et al. Determinación de los valores normales de la densidad mineral óssea del carpo accesorio de equinos de la raza Puro Sangre Ingles (PSI) por medio de la densitometría óptica en imagen radiográfica. **Imagen Veterinaria**, v.3, n.6 p. 237- 240, 2000.

_____ et al. Padronização da densidade mineral óssea (DMO) do acessório do carpo em equinos atletas da raça Quarto de Milha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.520-524, mar-abr, 2006.

WYSOCKI, A. A.; KLETT, R. H. Hair as an indicator of the calcium and phosphorus status of ponies. **Journal of Animal Science**, v. 32, n. 1, p. 74-78, 1971.

WOLTER, R. **Alimentacion del caballo.** 2.ed. Zaragoza: Acríbia, 1977. 172p.

ZIMERMAN, H. J. & HENRY, J. B. **Diagnóstico clínico e conduta terapêutica para exames laboratoriais**. 16 ed. São Paulo Manole, 1982.