



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MINERAIS SÉRICOS EM CAVALOS ATLETAS DE MARCHA BATIDA E
PICADA

ANA CAROLINE CERQUEIRA DE MELO

RECIFE

2017

ANA CAROLINE CERQUEIRA DE MELO

**MINERAIS SÉRICOS EM CAVALOS ATLETAS DE MARCHA BATIDA E
PICADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Zootecnia.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso
Coorientador: Prof. Dr. Hélio Cordeiro Manso Filho

RECIFE

2017

ANA CAROLINE CERQUEIRA DE MELO

MINERAIS SÉRICOS EM CAVALOS MARCHADORES

Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 22 de Fevereiro de 2017.

Comissão Examinadora:

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Helena Emília Cavalcanti da Costa Cordeiro Manso
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Examinadores:

Prof^ª. Dr^ª. Lucia Maia Cavalcanti Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UAG
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

RECIFE – PE
FEVEREIRO DE 2017

BIOGRAFIA

ANA CAROLINE CERQUEIRA DE MELO, filha de Alexandre Dias de Melo e Thelma Rouze Cerqueira de Melo, nasceu em Caruaru, Pernambuco, em 27 de maio de 1990.

Ingressou no curso de Zootecnia no ano de 2009, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. De Agosto de 2009 a Dezembro de 2011 foi Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/ZOOTECNIA) e de Agosto de 2012 a Julho de 2014 foi bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIBIC), ambos na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

De Março a Abril, realizou o Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) no Laboratório de Pesquisa em Alimentação e Fisiologia do Exercício de Equinos – LabEqui na Universidade de São Paulo – USP no *campus* de Pirassununga na área de Manejo Geral de Equinos, sob orientação do Professor Doutor Alexandre de Oliveira Gobesso.

Em Julho de 2014, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, obtendo o título de Zootecnista em Setembro de 2014.

Em Março de 2015, iniciou o Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Não Ruminantes, tendo em 22 de Fevereiro de 2017, submetido à defesa da presente dissertação.

A Deus,
à minha mãe,
a meu esposo
e aos cavalos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram e me deram força para continuar buscando o meu melhor sempre.

Aos meus verdadeiros amigos do Departamento de Zootecnia, que posso contar nos dedos das mãos, que sempre me foram fiéis e pude contar de olhos fechados. Que mesmo não podendo estar ao meu lado todos os dias, eu sei que eles torcem por mim.

Aos meus colegas do Departamento de Zootecnia, que também tenho carinho enorme e que, assim como meus amigos, têm o meu respeito.

À todas às meninas do BIOPA, todas sem exceção, algumas mais próximas que outras, mas ainda fazendo dos meus dias no laboratório bem divertidos e de fácil convívio.

À minha orientadora Helena Emília não só pelos puxões de orelha, mas pela amizade e disponibilidade para me atender sempre que possível.

Ao meu co-orientador Hélio Manso Filho, pela disponibilidade, paciência e amizade. Pelos puxões de orelha e pelos empurrõezinhos para enfrentar alguns obstáculos quando eu acreditava que não dariam certo.

À professora Lúcia Maia pela doce e compreensível pessoa que é. Sempre tão atenciosa e carinhosa. Ela, mais que todos, merece meus agradecimentos.

Aos professores Marcelo Ferreira e Marcílio de Azevedo pela amizade que sei que será eterna.

À minha família e à família do meu esposo, por acreditarem tanto no meu potencial não só como pessoa, mas como profissional e dar apoio a todo e qualquer plano que tenho como Zootecnista. Em especial à minha mãe Thelma, por ter me preparado para o mundo.

Ao meu esposo Helio Vasco Neto, que tem me estimulado a ser sempre melhor não só como pessoa, mas como profissional. A ele agradeço todo meu conhecimento e experiência na equideocultura, pois foi nele e por ele que eu busquei estímulo e companhia para estudar, trabalhar e tentar resolver todo problema como profissional da nutrição equina. Obrigada por todo “Querer é poder” que você me passou na cara.

Ao cavalo, minha verdadeira paixão.

“Onde senão no cavalo encontramos nobreza sem arrogância, amizade sem inveja e beleza sem vaidade?”

Ronald Duncan

SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
CAPÍTULO I	13
1. Introdução	14
2. Revisão de Literatura	15
2.1. As raças marchadoras	15
2.2. Minerais	17
2.2.1. Macrominerais	17
2.2.1.1. Cálcio	17
2.2.1.2. Fósforo	19
2.2.1.3. Magnésio	21
2.2.1.4. Sódio	23
2.2.1.5. Potássio	24
2.2.1.6. Cloro	25
2.2.2. Microminerais	27
2.2.2.1. Ferro	27
3. Referências Bibliográficas	30
CAPÍTULO II	40
Resumo	41
Abstract	43
Introdução	45
Material e Métodos	46
Resultados	49
Discussão	52
Conclusão	55
Referências Bibliográficas	56
Considerações Finais	62

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

	Pág.
Tabela 1. Distribuição das propriedades nas quais localizavam-se os cavalos atletas marchadores avaliados no estado de Pernambuco	47
Tabela 2. Concentração de minerais séricos em cavalos atletas marchadores das raças Campolina e Mangalarga Marchador, com diferentes andamentos e valores de referência da concentração de minerais em cavalos marchadores	50

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

	Pág.
Figura 1. Concentrações séricas de referência de cálcio (mmol/L) em equinos atletas das raças Campolina e Mangalarga Marchador de marcha picada e batida criados em clima tropical e média (em vermelho) do valor referência de fósforo para cavalos atletas marchadores	49
Figura 2. Concentrações séricas fisiológicas de fósforo (mmol/L) em cavalos marchadores atletas criados em clima tropical	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

[]	Concentração
ABCCMM	Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador
ABCCC	Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Campolina
<i>Apud</i>	Citado por
ATP	Adenosina trifosfato
BIOPA	Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal
°C	Graus Celcius
Ca	Cálcio
Ca/kg/dia	Cálcio por quilo por dia
Ca:P	Relação cálcio e fósforo
CAMP _b	Campolina de marcha batida
CAMP _p	Campolina de marcha picada
CEUA	Comissão de Ética para Uso dos Animais
Cl	Cloro
Cl ⁻	Íon Cloreto
Cl/kg PC	Cloreto por quilo de peso corpóreo
CNA	Confederação Nacional da Agricultura
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
co-Na ⁺	Co-transporte de íons de sódio
DNA	Ácido desoxirribonucléico
et al.	E colaboradores
g	Gramas
g/kg	Gramas por quilograma
H ⁺	Íon de hidrogênio
HCO ₃ ⁻	Íon bicarbonato
H ⁺ /K ⁺ ATPase	Enzima hidrogênio potássio ATPase
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>in natura</i>	Fresco
K	Potássio
K/kg PC	Potássio por quilo de peso corpóreo

K ⁺	Potássio iônico
Km/h	Quilometro por hora
L	Litro
Mcal	Mega caloria
m/s	Metro por segundo
Mg	Magnésio
Mg ²⁺	Magnésio iônico
Mg ²⁺ /kg	Magnésio iônico por quilo
Mg/kg	Magnésio por quilograma
MgO	Óxido de Magnésio
MgCO ₃	Carbonato de Magnésio
MgSO ₄	Sulfato de Magnésio
mL	Mililitro
MM _b	Mangalarga Marchador de marcha batida
MM _p	Mangalarga Marchador de marcha picada
μmol/L	Micromol po litro
mmol/L	Milimol por litro
Na	Sódio
Na ⁺	Sódio iônico
NaCl	Cloreto de Sódio
NRC	Nutritional Requirements Council
PTH	Hormônio paratireoide
P	Fósforo
P/dia	Fósforo por dia
PC	Peso Corpóreo
pH	Potencial hidrogeniônico
PO ₄ ³⁻	Fosfato inorgânico
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
Zn	Zinco

CAPÍTULO I

Revisão de Literatura

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a criação de equinos vem se destacando substancialmente com um rebanho que atinge cerca de 5,5 milhões de cabeças (IBGE, 2014). O mesmo censo informa que a região Nordeste representa 23,4% deste efetivo, ficando atrás apenas da região Sudeste que representa 24,4% do rebanho.

No rebanho de cavalos no Nordeste do Brasil, os equinos de marcha têm tomado destaque, junto aos de vaquejada, pelas somas e empregos que ambos têm gerado, comparado aos de outras atividades. Pelo retorno socioeconômico que esses animais têm trazido, os investimentos na pesquisa e na nutrição e fisiologia do exercício têm crescido exponencialmente na última década.

Entre os parâmetros estudados na ciência do cavalo, as concentrações fisiológicas dos minerais têm se mostrado de grande importância, uma vez que é a partir da determinação dos mesmos que os profissionais da equideocultura podem corrigir desbalanços eletrolíticos para melhorar não só a qualidade de vida como o desempenho atlético dos equinos.

Os minerais presentes no sangue, os eletrólitos, são elementos inorgânicos que apresentam funções de suma importância no organismo. Eles são essenciais para o metabolismo celular, equilíbrio dos flúidos e formação de dentes, ossos e células sanguíneas entre diversas outras funções (Baptista, 2010).

Para se verificar alterações na concentração destes elementos no sangue dos equinos, que podem conduzir a um desempenho inadequado do organismo e, conseqüentemente, desempenho atlético inferior, são necessários guias de valores de referência para que se possa tomar como base. Entretanto, os guias de referências dos eletrólitos para equinos de raças marchadoras brasileiras como a Campolina e Mangalarga Marchador atletas e, principalmente, nas condições edafoclimáticas da Região Nordeste, são escassos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. As Raças Marchadoras

A partir das necessidades específicas de cada região do país ou pela preferência de alguns criadores, as raças nacionais de equinos foram desenvolvidas (Costa *et al.*, 2004). De acordo com Manso Filho *et al.* (2015), uma das características mais selecionadas nos equinos é o andamento, sendo formado no Brasil dois grandes grupos em função dos seus andamentos: no primeiro grupo, são encontrados animais de raças nacionais desenvolvidas para trabalho no campo, sendo os animais de trote e galope como as raças Pantaneira, enquanto que no segundo grupo são encontrados os animais de raças desenvolvidas para cavalgadas e deslocamentos em baixa velocidade, sendo os animais de andamentos dissociados e suas variações como as raças Campolina e Mangalarga Marchador.

O andamento é a forma como o cavalo realiza a locomoção que desloca o seu centro de gravidade para frente, para o lado ou para trás, onde os membros realizam os movimentos seguidos de elevação, avanço, apoio e propulsão (Hussni *et al.*, 1996). Ainda de acordo com estes autores, os andamentos e suas variações são determinados por algumas variáveis destes movimentos como simetria, velocidade, comprimento do passo, sequência e número de apoios, bem como a constância do contato do animal com o solo, caracterizando o andamento como saltado, quando o andamento apresenta um tempo com os quatro membros no ar, e marchado, quando não há perda do contato com o solo em nenhum momento do movimento.

Os andamentos naturais mais comuns na espécie equina são o passo, o trote e o galope (Hussni *et al.*, 1996). Entretanto, algumas raças, apresentam a marcha, em substituição ao trote, como um andamento natural, a qual é caracterizada, segundo Nascimento (1999), como a quatro tempos, de média velocidade, com apoios alternados dos bípedes laterais e diagonais intercalados por apoios tripedais, com reações suaves e pouco deslocamento vertical no centro de gravidade, tornando-se animais mais macios e cômodos ao deslocamento.

Sabe-se ainda que existem variações dentro da marcha, as quais recebem diferentes denominações, como batida, picada, intermediária, ideal e legítima (Hussni *et al.*, 1996). Entretanto, os cavalos marchadores brasileiros apresentam variações no andamento

marchado que resultam basicamente em apenas dois tipos de marcha: a batida e a picada. Segundo Procópio (2005 *apud* por Santiago *et al.*, 2013), a marcha batida é caracterizada pela predominância dos movimentos dos membros bípedes diagonais, com movimentação verticalizada, enquanto que a marcha picada é caracterizada pela predominância dos movimentos dos membros bípedes laterais, com movimentação lateralizada, tornando-se mais cômodo que a marcha batida.

Entre os cavalos marchadores brasileiros, estão duas raças bastante disseminadas em todo o país: a Campolina e a Mangalarga Marchador, sendo esta em maior escala comparada à Campolina. A origem do Mangalarga Marchador se deu na Comarca do Rio das Mortes, no Sul de Minas Gerais, e é resultado do acasalamento de éguas Crioulas com reprodutores da raça Alter, provenientes de Portugal, selecionados por criadores mineiros (Costa *et al.*, 2004; ABCCMM, 2016). De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador (2016), o objetivo era formar animais de temperamento dócil com porte elegante e próprios para montaria, resistentes e ágeis para percorrer longas jornadas.

A raça Campolina, por sua vez, utilizada para provas de marcha, campo e lazer, foi idealizada por Cassiano Campolina, em Entre Rios, Minas Gerais, que recebeu em seu rebanho sem padrão racial definido, uma égua coberta por um garanhão Andaluz, a qual pariu um potro chamado Monarca, que deu início a raça (Procópio *et al.*, 2003; ABCCC, 2016). De acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Campolina, com o objetivo de formar cavalos de grande porte, foram selecionados e utilizados animais como o Andaluz, Anglonormando, Puro Sangue Inglês e o Mangalarga Marchador para contribuir na formação do Campolina.

As raças marchadoras brasileiras são comumente submetidos à prova de marcha, que é caracterizada, segundo Prates (2007), como um exercício aeróbio de moderada intensidade com uma velocidade média de 12 km/h, entre quarenta minutos a 1 hora. Exercícios de longa duração, como a prova de marcha, são geralmente os maiores responsáveis por perdas de minerais, embora exercício de curta duração e alta intensidade também causam efeito sobre estas perdas em situações ambientais desfavoráveis (Coenen, 2005).

Os minerais, além de serem perdidos pelo suor, principalmente durante o exercício, que pode atingir 10 L por hora (Dusterdieck *et al.*, 1999), são também diariamente excretados via fezes e urina (Cooper *et al.*, 2000; Lindinger & Ecker, 2013). Essas perdas tornam ainda mais importante o conhecimento das concentrações fisiológicas dos minerais, para garantir que a perda dos mesmos não seja excessiva, não prejudicando as várias reações no organismo que são dependentes desses minerais.

2.2. Minerais

Os minerais são elementos ligados a várias funções fisiológicas tais como a manutenção do equilíbrio osmótico e elétrico, contração muscular e equilíbrio ácido-base, entre outras (Frape, 2010) que torna-os essenciais aos organismos vivos.

Estes elementos podem ser fracionados de acordo com sua exigência nutricional em macrominerais, comumente expressos em g/kg e correspondendo ao cálcio, fósforo, potássio, sódio, magnésio, cloro e enxofre, e microminerais, comumente expressos em mg/kg e correspondendo ao ferro, selênio, iodo, manganês, cobre, cobalto, zinco, flúor, silício e cromo (NRC, 2007).

Os minerais podem estar disponíveis aos equinos através de ingredientes de fontes naturais como o concentrado e o volumoso. Entretanto, alguns alimentos possuem fatores antinutricionais que reduzem a disponibilidade dos minerais aos equinos e, por isso, alguns suplementos minerais são comumente adicionados ao concentrado ou colocados no saleiro para consumo à vontade para compensar essa indisponibilidade. Geralmente, nos suplementos, os minerais se apresentam na forma de sais inorgânicos que são ionizados quando entram em contato com o baixo pH escomacal, facilitando sua absorção (Ott & Asquith, 1994).

2. 2. 1. Macrominerais

2. 2. 1. 1. Cálcio

O Cálcio (Ca) é um mineral de suma importância para o organismo por desempenhar um papel central na manutenção da homeostase, incluindo funções tais como contração muscular, ativação enzimática, excitabilidade neural, coagulação sanguínea, secreção hormonal e adesividade celular, além de ser essencial na composição da estrutura óssea (Franco *et al.*, 2004).

A exigência de cálcio depende da idade, do status fisiológico e da atividade física do animal (Toribio, 2011). Segundo este mesmo autor, uma dieta equilibrada para equinos deve ter de 0,15 a 1,5% de cálcio, com base na matéria seca, devendo um cavalo adulto receber cerca de 40 mg de Ca/kg/dia. Segundo o NRC (2007), a deficiência de cálcio em equinos é incomum quando estes recebem uma dieta adequada, sendo necessária a suplementação deste mineral quando a dieta é rica em concentrado.

Qualquer aumento na exigência de cálcio devido ao exercício parece ser atendido pelo aumento no consumo de cálcio proveniente do aumento no consumo de matéria seca para atingir os requerimentos energéticos (NRC, 2007). Entretanto, Nielsen *et al.* (1995 *apud* Nielsen *et al.*, 1998) sugerem que dietas ricas nesse mineral, como feno, principalmente de leguminosas, facilita a remodelação óssea em resposta ao treinamento.

A absorção do cálcio se dá ativamente no intestino delgado em dois processos: do lúmen à mucosa (que requer a presença da vitamina D) e da mucosa aos tecidos subjacentes (que é dependente da vitamina D e da fosforilação oxidativa) (Meacham, 1984). Nos equinos, essa absorção pode atingir 75% do cálcio dietético total (Schryver *et al.*, 1983).

Alguns compostos presente nos alimentos podem reduzir a disponibilidade dos minerais, reduzindo sua absorção. Entre os compostos que reduzem a absorção do cálcio estão os minerais fósforo e magnésio, o ácido láctico e oxalato (Meacham, 1984). Rezende *et al.* (2015) afirmam que o oxalato, por exemplo, reage com o cálcio, reduzindo sua absorção intestinal, causando um aumento na mobilização óssea, podendo provocar osteodistrofia óssea, que atinge principalmente os ossos craniais.

Toribio (2011) afirma que aproximadamente 99% do cálcio corpóreo total é encontrado nos dentes e esqueleto de equinos na forma de cristais hidroxiapatitas, promovendo suporte contra a gravidade, protegendo órgãos internos, agindo como um nicho para os elementos formadores do sangue e servindo como reserva de cálcio, e apenas 0,9% e 0,1% são encontrados nos flúidos intra e extracelular, respectivamente.

O cálcio total no sangue, pode ser dividido em cálcio ligado (normalmente à proteína) e cálcio ionizado (livre), sendo esta última a fração biologicamente ativa, a qual reage com os sensores de cálcio das células da paratireóide (Siyam & Klachko, 2013; Kang *et al.*, 2014). As concentrações normais de cálcio no sangue de equinos variam de 1,54 a

3,16 mmol/L (Inoue *et al.*, 2002; Hess *et al.*, 2008; Crocomo *et al.*, 2009; Robert *et al.*, 2010).

Em resposta à baixa concentração sérica de cálcio, ocorre a secreção de alguns hormônios a fim de reestabelecer a concentração normal. O hormônio paratireóide (PTH) é secretado para estimular a reabsorção óssea e tubular renal de cálcio e, paralelamente, o hormônio 1,25 hidroxivitamina D3 (Calcitriol) é secretado provocando um aumento na absorção intestinal e reabsorção renal de cálcio, para manter a homeostasia (Bushinsky & Monk, 1998 *apud* NRC, 2007; Toribio, 2011). Quando a concentração de cálcio se eleva, a tireóide secreta o hormônio calcitonina, que inibe a atividade dos osteoclastos e acelera a deposição de cálcio nos ossos (Toribio, 2011).

O cálcio pode ser perdido pelo organismo através do suor, sendo ainda mais elevada esta excreção em situações de exercício intenso, das fezes, sendo ainda maior quanto maior for a presença de antagonistas na absorção do cálcio na dieta, e pela urina (Davies, 2009).

2. 2. 1. 2. *Fósforo*

O fósforo (P) é um dos minerais mais abundantes no organismo. Ele está envolvido em funções como a síntese de fosfolípidos, ácidos nucleicos e fosfoproteínas, a reação de transferência de energia, metabolismo energético, contração muscular e integridade do esqueleto (McDowell, 1992; Dennis, 1996; NRC, 2007).

De acordo com o NRC (2007), a exigência de manutenção de um cavalo adulto é de 0,028 g de P/kg/dia, considerando uma eficiência de digestibilidade de 35%. Entretanto, a absorção verdadeira de fósforo é bastante variável (30 a 50%) e é influenciada por fatores como a quantidade e qualidade na dieta, presença de outros compostos na dieta e idade dos equinos, o que torna importante o conhecimento da disponibilidade na fonte de fósforo, pois a eficiência de absorção influencia a quantidade de fósforo requerida na dieta (NRC, 2007).

O fósforo pode ser ingerido na forma inorgânica, principalmente na forma de ortofosfatos, e na forma orgânica, como fosfolípidos, ácido nucleicos, ácido fítico e outros compostos. A concentração de fósforo, na sua maioria na forma orgânica, nos grãos é superior à encontrada nas folhas e caule. Entretanto, alimentos de origem animal

apresentam concentrações maiores e mais disponíveis comparados aos de origem vegetal, por apresentarem-se na forma inorgânica (Bunzen, 2009; Cintra, 2016).

Este mineral atinge o sangue através da absorção das frações de origem dietética e endógena, a partir do trato digestivo, dos tecidos moles e do fósforo solubilizado no osso (Aubert & Milhaud, 1960 *apud* Lopes *et al.*, 2003). O local de absorção do fósforo dietético, como fosfato inorgânico (PO_4^{3-}), varia de acordo com a composição da dieta, sendo absorvida no intestino delgado a maior fração de fósforo contida em grãos, e no intestino grosso a fração proveniente do volumoso (Frape, 2010).

O fósforo na forma de fitato, forma orgânico, apresenta baixa digestibilidade, devido a necessidade de hidrólise para transformá-lo em fósforo inorgânico, absorvível. Diante disto, alguns estudos foram realizados para avaliar a suplementação da enzima fitase para um melhor aproveitamento do P, entretanto, foi observado que a fitase em equinos melhora a disponibilidade gastrointestinal de fósforo, mas sem melhorar significativamente a digestibilidade aparente do fósforo (Van Doorn *et al.*, 2004).

O fósforo é regulado por um mecanismo semelhante ao do cálcio. Quando a concentração de Ca está baixa, o PTH é liberado e, juntamente com a vitamina D, a qual é ativada pelo próprio PTH, estimula a absorção intestinal e a reabsorção renal e óssea tanto de cálcio quanto de fósforo. Entretanto, quando em situações de hipofosfatemia ou quando há hipercalcemia, elevando a relação Ca:P no sangue, as tireóides liberam calcitonina, que vai inibir a ação do PTH, com o objetivo de cessar a mobilização óssea de cálcio (Bunzen, 2009).

Ele pode ser apresentar no organismo tanto na forma orgânica, como fosfolipídeos, ácidos nucleicos e fosfoproteínas, como na forma inorgânica, na forma iônica como o fosfato livre (Franco *et al.*, 2004). Do fósforo corpóreo total, 80% é encontrado nos ossos, enquanto que os restantes 20% estão distribuídos nos flúidos e tecidos moles (Suttle, 2010).

No organismo dos mamíferos o fosfato é principal ânion intracelular. Sua fração intracelular representa apenas 10% do fósforo corpóreo total e os 90% restantes são encontradas na matriz mineralizada do osso, na forma de hidroxiapatita, assim como o cálcio (Franco *et al.*, 2004).

Devido ao seu papel fundamental no metabolismo energético celular, pode haver rápida translocação entre o fósforo celular e sérico, alterando substancialmente as concentrações séricas do mesmo (Rosol & Capen, 1997 *apud* Franco *et al.*, 2004). Ambas frações orgânicas e inorgânicas de fósforo podem ser encontradas no soro, mas é a fração inorgânica que é utilizada para expressar os níveis séricos de fósforo (NRC, 2007). A concentração sérica normal de fósforo nos equinos varia de 0,98 a 2,11 mmol/L (Pipkin *et al.*, 2001; Inoue *et al.*, 2002; Franco *et al.*, 2004; Hess *et al.*, 2008; Crocomo *et al.*, 2009).

Esses níveis séricos de fósforo podem ser influenciados por fatores como o exercício, que provoca elevação dos níveis de fósforo, sendo explicada pela disponibilização de fósforo que o organismo proporciona para suprir as necessidades energéticas musculares dos equinos durante o exercício (Franco *et al.*, 2004).

Em animais condicionados fisicamente, as membranas celulares tornam-se menos sensíveis às agressões do exercício e reduzem o pico de algumas enzimas durante o exercício. Entre as enzimas que têm suas concentrações séricas elevadas, encontra-se a fosfatase alcalina, que é responsável por remover o fosfato de várias moléculas e deixá-lo disponível para o metabolismo energético, aumentando sua concentração sérica (Oliveira *et al.*, 2016).

2. 2. 1. 3. Magnésio

O Magnésio (Mg) é um mineral essencial para o funcionamento normal das reações dependentes da energia celular envolvendo ATP, como a função da bomba de sódio, glicólise e fosforilação oxidativa, e da síntese de proteínas e ácidos nucleicos (Stewart, 2011). Além disso, ele ainda exerce função como cofator para várias enzimas, transmissão neuromuscular e participa da contração muscular (NRC, 2007).

Na contração muscular, o magnésio atua no músculo inibindo a liberação da acetilcolina, o neurotransmissor que dá início à contração muscular. Quando as concentrações de Mg muscular está abaixo dos níveis normais, sua função antagônica em relação ao cálcio é prejudicada e o cálcio elevado provoca contração excessiva, podendo resultar em câimbra e/ou hipertensão (Amorim & Tirapegui, 2008).

A ingestão diária deste mineral deve ser de 0,015 g de Mg²⁺/kg de peso corpóreo em animais de manutenção, sendo aumentado em função do grau de exercício, sendo os valores

0,019, 0,023, 0,03 e 0,03 g de Mg^{2+} /kg de PC para exercício leve, moderado, intenso e muito intenso, respectivamente (NRC, 2007).

As formas de suplementação inorgânica de magnésio como o óxido de magnésio (MgO), o carbonato de magnésio ($MgCO_3$) e o sulfato de magnésio ($MgSO_4$), apresentam taxa de absorção superior (70%) quando comparada às fontes naturais (40-60%), que normalmente apresentam de 0,1 a 0,3% de Mg/kg de matéria seca (Harrington & Walsh, 1980 *apud* NRC, 2007; NRC, 2007; Stewart, 2011).

A maior parte da absorção do magnésio, que ocorre geralmente como íon, ocorre no intestino delgado, sendo sua maior parte realizada pela via paracelular, por mecanismos passivos e ativos, embora haja uma pequena, mas significativa, absorção de cerca de 5% no ceco e no cólon (Vormann, 2003; Stewart, 2011).

Após absorvido, o magnésio é transportado para os tecidos de onde é retirado quando há diminuição das concentrações séricas (Vormann, 2003). Quando na presença de hipomagnesemia sérica, seja por carência nutricional ou perda pelo suor, o magnésio pode ser suprido pela dieta e/ou reservas corporais, sendo as principais fontes de reserva o trato gastrointestinal, ossos e tecidos moles, as quais devem ser repostas via manejo alimentar adequado (Weiss *et al.*, 2002).

Quando a concentração sérica de magnésio encontra-se elevada, os rins são responsáveis por excretar o excedente por meio de um feedback negativo que inibe a reabsorção renal do Mg (Vormann, 2003).

O magnésio total plasmático é dividido em três frações: a ligada à proteína (em sua grande maioria à albumina), a fração como parte de um complexo de pequenos ânions (como por exemplo, fosfato, bicarbonato e fosfato), e a fração iônica ou livre (Berlin & Aroch, 2009). A forma iônica (Mg^{2+}), forma ativa deste mineral, é o cátion mais abundante no corpo dos mamíferos e o segundo mais abundante cátion intracelular, perdendo apenas para o potássio (K^+) (Stewart, 2011). Segundo este mesmo autor, o corpo dos animais domésticos contém 0,05% de Mg/kg, dos quais 60% encontra-se nos ossos, 38% nos tecidos moles e de 1 a 2% nos fluidos extracelular.

No plasma dos equinos, 10% do Mg está complexado à ácidos fracos e 30% ligado a proteínas, enquanto que os 60% restantes encontram-se na forma ionizada (Mg^{2+}), sendo esta última a forma biologicamente ativa, exacerbando a importância de se analisar

sempre o magnésio na forma iônica, e não na forma de Mg total (Stewart, 2011). As concentrações séricas normais de Mg^{2+} em equinos variam de 0,26 a 0,81 mmol/L (Inoue *et al.*, 2002; Sales *et al.*, 2013; Hess *et al.*, 2008; Crocomo *et al.*, 2009).

Entre os problemas que podem causar queda na concentração do íon Mg^{2+} estão: alcalose metabólica associada ao exercício em cavalos de enduro resultante da perda excessiva de cloreto pelo suor, refluxo nasogástrico associado com obstrução do intestino delgado, duodenite ou jejunitis e alcalose respiratória associada com hiperventilação (Stewart, 2011).

2. 2. 1. 4. Sódio

O sódio (Na) apresenta função fisicoquímica em associação com a manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico (Amrousi & Soliman, 1965; Coelho *et al.*, 2011). Ele ainda é essencial para o funcionamento normal do sistema nervoso central, geração de potencial de ação na excitabilidade de tecidos e transporte de várias substâncias como glicose através da membrana celular (Johnson, 1995 *apud* NRC, 2007).

Nos equinos, 51,1% do sódio corpóreo total está contido nos ossos e o restante está distribuído entre pele, músculo, sangue e órgãos (Meyer, 1987 *apud* NRC, 2007). No líquido extracelular, ele é o principal cátion, sendo esta fração referida como sódio permutável, apresentando concentrações normais no fluido extracelular dos equinos de 134,4 a 142,33 mmol/L (Fernandes & Larsson, 2000; Martins *et al.*, 2005; NRC, 2007; Hess *et al.*, 2008; Crocomo *et al.*, 2009; Robert *et al.*, 2010; Corrêa *et al.*, 2010; Coelho *et al.*, 2011).

O NRC (2007) determina a exigência diária de sódio de 0,02 g/kg de PC, para animais em manutenção. Como alimentos naturais ingeridos pelos equinos apresentam, geralmente, menos de 0,1% de sódio em sua composição, pode ser que haja necessidade de suplementação de sódio, dependendo da dieta e atividade do animal. Esta suplementação pode ser feita a partir do fornecimento de sal comum (cloreto de sódio) de 0,5 a 1% do concentrado ou de sódio ionizado, cobalto-sódio-ionizado ou sal mineralizado à vontade (NRC, 2007).

O sódio é absorvido no intestino delgado e no cólon e pode atingir digestibilidade de 75 a 90% (NRC, 2007). No intestino delgado, a absorção pode ocorrer de 3 formas: co-transporte Na:Substratos orgânicos, co- Na^+ :Ácidos orgânicos e transporte desacoplado

de sódio mediado por canais; enquanto que no cólon, a absorção pode ocorrer na forma de co-transporte $\text{Na}^+:\text{H}^+$ e transporte desacoplado de sódio mediado por canais (Souza & Sianoto, 2008).

Quando fatores como a baixa ingestão de sódio, perdas pelo trato gastrointestinal e urinário provocam uma diminuição nas concentrações séricas de sódio, a secreção do hormônio aldosterona é estimulada (Frape, 2010). É então por meio do sistema renina-angiotensina-aldosterona que a excreção renal de sódio é controlada.

2. 2. 1. 5. Potássio

O potássio (K) é o principal íon intracelular, fundamental para o funcionamento muscular normal, respiração, transmissão de impulsos nervosos e metabolismo do carboidrato (Hays & Swenson, 1996). Ele ainda apresenta importância na manutenção do equilíbrio ácido-base e pressão osmótica (Kronfeld, 2001 *apud* NRC, 2007).

Nos equinos, 75% do potássio corpóreo é encontrado no músculo esquelético, 5% nos ossos, 5% no sangue e pele, 4,5% na ingesta e os 10,5% restante distribuídos em outros tecidos (Rose, 1990 *apud* NRC, 2007; NRC, 2007; Frape, 2010).

Como as maiores reservas de K^+ no organismo encontram-se no meio intracelular, é necessário um maior tempo para que haja mobilização deste mineral para a corrente circulatória, a fim de reestabelecer as concentrações normais (Coelho et al., 2011). A concentração sérica normal de potássio varia de 3,61 a 4,92 mmol/L (Martins *et al.*, 2005; Crocomo *et al.*, 2009; Hess *et al.*, 2008; Robert *et al.*, 2010; Corrêa *et al.*, 2010; Coelho *et al.*, 2011).

Tanto em humanos quanto nos equinos já está provado que o exercício pode provocar aumento nas concentrações de K^+ sanguíneo, uma vez que a contração muscular libera este elemento para o fluido extracelular (Rose *et al.*, 1980 *apud* Fernandes & Larsson, 2000; Lindinger, 1995). Entretanto, alguns autores observaram queda na concentração do potássio sérico, sendo justificado pela perda deste mineral através do suor (Fernandes & Larsson, 2000).

A ingestão deste mineral pelos equinos se dá principalmente pelo consumo de forragem e sementes oleaginosas. Os volumosos geralmente contêm de 1 a 2% de K na matéria seca, e em menor proporção pelos grãos de cereais, que contêm de 0,3 a 0,4% de

K, podendo ser fornecido cloreto e carbonato de potássio quando requerida a suplementação de potássio (NRC, 2007).

As exigências de potássio nos equinos podem variar de 0,25% da matéria seca ingerida, em animais de manutenção, a 0,6% da matéria seca em animais atletas em atividade intensa (Cintra, 2016). Para o NRC (2007), essas exigências são expressas em g/kg de peso corporeo, sendo requerido 0,05 g de K/kg PC para animais em manutenção e de 0,057 a 0,12 g/kg de PC para animais atletas, sendo tanto maior quanto maior o nível de trabalho.

A absorção do potássio ocorre tanto no intestino delgado, onde ocorre cerca de 65% da absorção, de forma passiva no jejuno e íleo, como no intestino grosso, de forma ativa através da H^+/K^+ -ATPase na membrana luminal no cólon (Souza & Sianoto, 2008; Cintra, 2016). Uma digestibilidade aparente do potássio de 61 a 65% foi relatada por Pagan & Jackson (1991 *apud* NRC 2007) .

Quando o animal ingere uma dieta rica em potássio, o organismo aumenta a excreção urinária do mesmo, seguido da excreção fecal também aumentada, afim de evitar hipercalemia e manter a homeostase (Jansson *et al.*, 1999). Entretanto, o sistema renal não é eficiente em manter os níveis fisiológicos de potássio quando ingeridas dietas com baixos níveis desse eletrólito, induzindo uma hipocalemia (baixos níveis de potássio no sangue).

Segundo Cintra (2016), o excesso de potássio no organismo torna-se prejudicial quando na restrição da excreção renal deste mineral, seja por falta de ingestão de água ou por alguma disfunção renal, podendo causar problemas cardíacos e fadiga muscular, além de provocar interação com minerais como o magnésio, fósforo e zinco, resultando em carência induzida. A carência de potássio, por sua vez, pode deixar os equinos predispostos à fadiga, fraqueza muscular, indisposição, intolerância ao exercício e queda no consumo alimentar e ingestão de água (Briggs, 2007).

2. 2. 1. 6. Cloro

O cloro (Cl) é geralmente encontrado na dieta associado ao sódio como o cloreto de sódio (NRC, 2007). O ânion cloreto (Cl^-) é um íon extracelular que, junto ao íon de sódio, está envolvido no equilíbrio ácido-base e regulação osmótica, além de fazer parte da

composição da bile e do ácido clorídrico, importantes na digestão dos alimentos (NRC, 2007; Frape, 2010).

Geralmente, os alimentos dos equinos apresentam uma concentração de 0,05 a 3% de cloreto, sendo inferior em grãos de cereal e superior no melaço de cana-de-açúcar. As forragens, por sua vez, apresentam cerca de 4 e 5 g/kg de matéria seca para leguminosas e gramíneas, respectivamente, sendo a absorção deste mineral de 100%, independente da concentração dietética de NaCl (Frape, 2010; Suttle, 2010). O uso de sal (NaCl) contribui como palatabilizante alimentar, entretanto, quando usado em excesso, esses minerais em conjunto na forma de sal, principalmente pela presença de sódio, podem reduzir o consumo (Suttle, 2010).

O consumo diário de cloro para equinos em manutenção deve ser de 0,08g de Cl/kg de PC, sendo aumentada em função do grau de atividade do animal, sendo 0,093 para exercício leve, 0,106 para exercício moderado, 0,133 para exercício intenso e 0,186 g de Cl/kg de PC para exercício muito intenso (NRC, 2007).

A absorção do cloro, na forma de cloreto, tanto dietético quanto proveniente do ácido clorídrico liberado no estômago ocorre por meio da troca com o íon HCO_3^- , o bicarbonato (Suttle, 2010). O excesso absorvido, entretanto, é excretado, predominantemente pelos rins, por meio do co-transportador K^+/Cl^- nos túbulos renais, embora também haja perda de cloreto por meio do suor (Suttle, 2010).

Quando em carência, é comum a ocorrência de alcalose metabólica hipoclorêmica, podendo ser observado queda no consumo alimentar, perda de peso, fraqueza muscular, desidratação, e constipação, entre outros problemas (NRC, 2007). A alcalose hipoclorêmica é resultante da retenção do íon bicarbonato HCO_3^- no sangue, para compensar a baixa concentração do íon cloreto, provocando aumento no pH sanguíneo (Di Filippo *et al.*, 2009).

A intoxicação por cloreto, por sua vez, não é muito observada em equinos, pois os mesmos são considerados tolerantes a altas concentrações tanto de cloreto como de sódio na dieta, quando o acesso à água for livre (NRC, 2007). Entretanto, quando a água é restrita, a intoxicação por sal (NaCl) pode ser observada por sinais clínicos como cólica, diarreia, micção frequente, paralisia dos membros, fraqueza muscular e pode resultar em óbito (Briggs, 2007).

O íon Cl^- é encontrado tanto no meio intracelular como no meio extracelular, sendo considerado o principal ânion do fluido extracelular (Suttle, 2010). De acordo com Rose (1990 *apud* NRC, 2007), as concentrações tanto sérica quanto plasmática de cloreto são bons guias para o conhecimento do equilíbrio deste mineral no organismo. As concentrações séricas normais de cloreto variam de 95,44 a 102,0 mmol/L (Lumsden *et al.*, 1980; Fan *et al.*, 1994; Crocomo *et al.*, 2009; Corrêa *et al.*, 2010; Robert *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2014).

2. 2. 2. Microminerais

2. 2. 2. 1. Ferro

O ferro é um micromineral essencial, indispensável para os organismos vivos, que é requerido para que ocorra adequadamente a função eritropoiética (produção de células vermelhas), a resposta imune celular, o metabolismo oxidativo, a respiração celular, a síntese de DNA e o transporte de elétrons (Muñoz *et al.*, 2009; Wang & Pantopoulos, 2011; Pantopoulos *et al.*, 2012).

Este mineral pode ser obtido pelo organismo tanto pela dieta quanto pela reciclagem de hemáceas senescentes (Grotto, 2008). O ferro proveniente da reciclagem de hemáceas é obtido quando estas, durante o seu ciclo de vida (120 dias), sofrem alterações que as deixam susceptíveis a rompimentos ou que sinalizam os macrófagos e estes as eliminam, liberando ferro na forma heme, a partir da digestão proteolítica da hemoglobina destas hemáceas, liberando ferro na corrente sanguínea a partir da metabolização da heme (Kovtunovych *et al.*, 2010; Wang & Pantopoulos, 2011).

Na dieta, ele pode ser encontrado nas formas heme (orgânica) e não heme (inorgânica). A forma heme é encontrada abundantemente em carnes como parte de hemoglobina e mioglobina, enquanto que a forma não heme (iônica), que é o ferro fornecido por vegetais (Grotto, 2008), é encontrado, em sua maioria, na forma férrica (Fe^{3+}), que não é biodisponível e deve ser convertida a forma ferrosa (Fe^{2+}), por meio da enzima ferrirreductase, para ser absorvida (Muñoz *et al.*, 2009; Sharp, 2010 *apud* Fuqua *et al.*, 2012; Fuqua *et al.*, 2012).

De acordo com Grotto (2008), a absorção deste mineral ocorre no epitélio duodenal superior, o qual contém estruturas vilosas que maximizam a absorção. Esta absorção pode ser influenciada pela área de superfície do intestino, que é aumentada durante períodos

de deficiência de ferro, pelo pH do estômago e pela composição da dieta, como a presença de fitatos, oxalatos e fosfatos que retardam a absorção do ferro (Almeida *et al.*, 2007; Fuqua *et al.*, 2012).

Após absorvido, o ferro ferroso pode ser armazenado na célula na forma de ferritina ou exportado das mesmas (enterócitos e macrófagos) por meio da enzima Ferroportina, ao mesmo tempo que é oxidado a ferro férrico, pela hefaestina. O ferro é então liberado na corrente sanguínea, onde é capturado pela transferrina e levado aos tecidos alvos (Emerit *et al.*, 2001; Grotto, 2008; Wang & Pantopoulos, 2011), sendo estocados, como ferritina e hemossiderina, em maior concentração no fígado, baço e medula óssea (Machado *et al.*, 2010).

Segundo Wang & Pantopoulos (2011), a perda do ferro nos mamíferos se dá através da descamação das células da mucosa e da pele ou por sangramento, sendo o mecanismo de equilíbrio do ferro regulado pela absorção duodenal do mesmo, que, de acordo com Grotto (2008), é controlada pela necessidade do organismo.

Dos fatores que afetam o metabolismo do ferro, o exercício aparece entre os principais pelo fato de provocar hemólise e, conseqüentemente, estimular a síntese de hemoglobina, provocando também queda nas concentrações séricas do ferro em equinos em exercício moderado e intenso (Inoue *et al.*, 2005).

Em humanos, é sabido que o exercício diminui a absorção de ferro e ainda provoca perda desse mineral pelo suor (Nickerson *et al.*, 1985; Nachtigall *et al.*, 1996). Entretanto, não há estudos que comprovem que o exercício induz deficiência de ferro, nem que há perda significativa de ferro pelo suor, nem que a suplementação do ferro melhora o desempenho do cavalo atleta saudável.

Para animais que realizam exercício, o NRC (2007) recomenda um consumo diário de ferro de 50 mg/kg. De acordo com Santos (1997) e Smith *et al.* (1986), ambos citados por Machado *et al.* (2010), a capacidade dos equinos de reciclar o ferro e ao alto teor deste mineral tanto nas forrageiras como nos grãos comumente utilizados na dieta de equinos, exclui a necessidade de suplementação deste mineral para equinos.

Além disto, de acordo com Franken *et al.* (1981 *apud* Machado *et al.*, 2010), as reservas de ferro encontradas no baço, fígado e medula óssea de equinos são substancialmente superiores quando comparadas às reservas de humanos.

A concentração sérica deste mineral pode ser influenciada por vários fatores como um processo inflamatório, uma hipoproteïnemia e eritropoiese ineficiente (Kaneco, 1980). Essa concentração em animais saudáveis, segundo Pearson & Andersen (2001 *apud* Inoue *et al.*, 2005), varia dentro de uma faixa de 8,95 a 36,44 $\mu\text{mol/L}$, corroborando com os achados de Smith *et al.* (1984) de 21,48 $\mu\text{mol/L}$ e os valores de referências sugeridos por Lewis (2000) de 21,48 a 37,59 $\mu\text{mol/L}$.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; SOBESTIANSKY, J.; FIORAVANTI, M. C. S.; OLIVEIRA, A. P. A.; RUFINO, L. M. Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1097-1103, 2007.

AMORIM, A. G.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais da relação entre o exercício físico, estresse oxidativo e magnésio. **Revista de Nutrição**, v.21, n.5, p.563-575, 2008.

AMROUSI, S. E.; SOLIMAN, M. K. Serum calcium, potassium and sodium of healthy horses three to fourteen years of age. **Canadian Veterinary Journal**, v.6, n.10, p.253-256, 1965.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAVALOS CAMPOLINA – ABCCC. Disponível em: http://www.campolina.org.br/portal/historia_raca.php. Acesso em: 16/12/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE CAVALOS MANGALARGA MARCHADOR – ABCCMM. Disponível em: <http://www.abccmm.org.br/historia-da-raca>. Acesso em: 16/12/2016.

AUBERT, J. P.; MILHAUD, G. Méthod de mesure des principales voies du métabolisme calcique chez l’homme. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.39, n.1, p.122-139, 1960.

BAPTISTA, T. S. **Valores de referênciã de elementos em sangue de cavalos da raça crioula via metodologia nuclear**. Dissertação. 71 f. (Mestre em Ciências - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nuclear - Autarquia Associada à Universidade de São Paulo), São Paulo, 2010.

BERLIN, D.; AROCH, I. Concentrations of ionized and total magnesium and calcium in healthy horses: effects of age, pregnancy, lactation, pH and sample type. **The Veterinary Journal**, v.181, p.305-311, 2009.

BRIGGS, K. **Understanding Equine Nutrition: your guide to horse health care and management**. Rev.ed. Lexington: Eclipse, p.83, 2007.

BUNZEN, S. **Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos**. Tese. 129 f. (Doutor em zootecnia – Universidade Federal de Viçosa), Viçosa, 2009.

BUSHINSCKY, D. A.; MONK, R. D. Calcium. **Lancet**, v.352, n.9124, p.306-311, 1998
apud NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of horses**.6.ed.Washington. D.C.: rev. National Academies Press, p.341, 2007.

CINTRA, A. G. **Alimentação Equina: Nutrição, Saúde e Bem-estar**. 1.ed. Rio de Janeiro: Roca, p.98, 2016.

COELHO, C. S.; LOPES, P. F. R.; PISSINATI, G. L.; RAMALHO, L. O.; SOUZA, V. R. C. Influência do exercício físico sobre sódio e potássio séricos em equinos da raça Quarto de Milha e mestiços submetidos à prova de laço em dupla. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.18, n.1, p.32-35, 2011.

COENEN, M. Exercise and stress: impact on adaptive processes involving water and electrolytes. **Livestock Production Science**, v.92, p.131-145, 2005.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **Estudo do complexo do agronegócio do cavalo no Brasil**. Brasília: CNA, 2006.

COOPER, S. R.; TOPLIFF, D. R.; FREEMAN, D. W.; BREAZILE, J. E.; GEISERT, R. D. Effect of dietary cation-anion difference on mineral balance, serum osteocalcin and growth in weanling horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.20, n.1, p.39-44, 2000.

CORRÊA, K.S.; MATTOSO, C. R. S.; SILVA, C. F. G. K. T.; LAGOS, M. S.; TAKAHIRA, R. K.; LOPES, R. S. Enzimas musculares e eletrólitos em equinos submetidos a esforço físico prolongado, suplementados com acetato de tocoferol e selênio. **Veterinária e Zootecnia**, v.17, p.85-93, 2010.

COSTA, M. D.; BERGMANN, J. A. G.; RESENDE, A. S. C.; MARTINS, G. A.; BRETAS, M. S. Caracterização demográfica da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.687-690, 2004.

CROCOMO, L. F.; BALARIN, M. R. S.; TAKAHIRA, R. K.; LOPES, R. S. Macrominerais séricos em equinos atletas da raça Puro Sangue Inglês, antes e após exercício físico de alta intensidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, p.929-938, 2009.

DAVIES, Z. **Introduction to horse nutrition**. Oxford: Willey-Blackwell, p.65, 2009.

DENNIS, V. W. Phosphate metabolism: Contribution of different cellular compartments. **Kidney International**, v.49, p.938-942, 1996.

DI FILIPPO, P. A.; GOMIDE, L. M. W.; OROZCO, C. A. G.; SILVA, M. A. G.; MARTINS, C. B.; LACERDA NETO, J. C.; SANTANA, A. E. Alterações hemogasométricas e eletrolíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.3, p.840-846, 2009.

DUSTERDIECK, K. F.; SCHOTT, H. C.; EBERHART, S. W.; WOODY, K. A.; COENEN, M. Electrolyte and glycerol supplementation improve water intake by horses performing a simulated 60 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal**, v.30, p.418-424, 1999.

EMERIT, J. BEAUMONT, C. TRIVIN, F. Iron metabolism, free radicals, and oxidative injury. **Biomedicine Pharmacotherapy**, v.55, p.333-339, 2001.

FAN, L. C. R.; LOPES, S. T. A.; COSTA, P. R. S.; KRAUSE, A.; DUTRA, V.; CARVALHO, C. B. Anion gap no sangue venoso de equinos. **Ciência Rural**, v.24, p.101-104, 1994.

FERNANDES, W. R.; LARSSON, M. H. M. A. Alterações nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, ureia e creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30 km com velocidade controlada. **Ciência Rural**, v.30, n.3, p.393-398, 2000.

FRANCO, M. F.; MAZETTO, F. R.; LOBO E SILVA, M. A. M.; VARZIM, F. L. S. B.; PEREZ, R.; BALIEIRO, J. C. C.; MASSONE, F. Alterações séricas do cálcio, fósforo e proteína total em equinos durante provas de enduro de média duração. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.11, n.1/2, p.9-12, 2004.

FRANKEN, P.; WENSING, T.; SCHOTMAN, A. J. H. The concentration of iron in the liver, spleen and plasma, and the amount of iron in bone marrow of horses. **Zentralblatt für Veterinärmedizin**, v.28, p.381-389, 1981 *apud* MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A. YONEZAWA, L. A.; SILVEIRA, V. F.; SAITO, M. E. Metabolismo do ferro em equinos atletas. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p. 703-711, 2010.

FRAPE, D. **Nutrição e alimentação de equinos**. 4ª Ed. São Paulo: Roca. p.43 a 602 2010.

FUQUA, B. K.; VULPE, C. D.; ANDERSON, G. J. Intestinal iron absorption. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.26, p.115-119, 2012.

GROTTO, H. Z. W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v.30, n.5, p.390-397, 2008.

HARRINGTON, D. D.; WALSH, J. J. Equine magnesium supplement: evaluation of magnesium sulphate and magnesium carbonate in foals fed purified diets. **Equine Veterinary Journal**, v.12, p.32-33, 1980 *apud* NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of horses.6.ed.Washington. D.C.: rev. **National Academies Press**, p.79, 2007.

HAYS, V. W; SWENSON, M. J. Ossos e Minerais. Em: SWENSON, M. J. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, Cap.29, p.471-487, 1996.

HESS, T. M.; GREIWE-CRANDELL, K. M.; WALDRON, J. E. WILLIAMS, C. A.; LOPES, M. A.; GAY, L. S.; HARRIS, P. A.; KRONFELD, D. S. Potassium-free electrolytes and calcium supplementation in an endurance race. **Comparative Exercise Physiology**, v.5, n.1, p.33-41, 2008.

HUSSNI, C. A.; WISSDORF, H.; NICOLETTI, J. L. M. Variações de Marcha em equinos da raça Mangalarga Marchador. **Ciência Rural**, v.26, n.1, p.91-95, 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Efetivos de Rebanhos por Tipo de Rebanho. Equinos, 2014. Disponível em: <<<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PPM01>>> Acesso em: 08/07/2016.

INOUE, Y.; OSAWA, T.; MATSUI, A.; ASAI, Y.; MURAKAMI, Y.; MATSUI, T.; YANO, H. Changes of serum mineral concentrations in horses during exercise. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.15, n.4, p.531-536, 2002.

INOUE, Y.; MATSUI, A.; ASAI, Y.; AOKI, F.; MATSIU, T.; YANO, H. Effect of exercise on iron metabolism in horses. **Biological Trace Element Research**, v.107, p.33-42, 2005.

JANSSON, A.; LINDHOLM, A.; LINDBERG, J. E.; DAHLBORN, K. Effects of potassium intake on potassium, sodium and fluid balance in exercising horses. **Equine Exercise Physiology**, v.5, s.30, p.412-417, 1999.

JOHNSON, P. J. Electrolyte and acid-base disturbances in the horse. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.11, p.491-514, 1995 *apud* NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Horses**. 6.ed. Washington D. C.: rev. National Academies Press, p.84, 2007.

KANEKO, J. J. Metabolismo do ferro. Em: **Bioquímica Clínica dos Animais Domésticos**, 3ª Ed. p.649-669, New York: Academic Press, 1980.

KANG, S. H.; CHO, K. H.; PARK, J. W.; YOON, K. W.; DO, J. Y. Whole blood versus serum ionized calcium concentrations in dialysis patients. **Korean Journal of International Medicine**, v.29, p.226-230, 2014.

KOVTUNOVYCH, G.; ECKHAUS, M. A.; GHOSH, M. C.; OLLIVIERRE-WILSON, H.; ROUAULT, T. A. Dysfunction of the heme recycling system in heme oxygenase 1–deficient mice: effects on macrophage viability and tissue iron distribution. **Blood Journal**, v.116, n.26, p.6054-6062, 2010.

KRONFELD, D. S. Body fluids and exercise: replacements strategies. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, p.368-375, 2001.

LEWIS, L. D. Minerais para Equinos. Em: **Nutrição Clínica Equina - Alimentação e Cuidados**. São Paulo: Rocca, cap. 2, p.29-73, 2000.

LINDINGER, M. I. Potassium regulation during exercise and recovery in humans: implications for skeletal and cardiac muscle. **Journal of Molecular and Cellular Cardiology**, v.27, p.1011-1022, 1995.

LINDINGER, M. I.; ECKER, G. L. Gastric emptying, intestinal absorption of electrolytes and exercise performance in electrolyte-supplemented horses. **Experimental Physiology**, v. 98, n.1, p.193-206, 2013.

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

- LUMSDEN, J. H.; ROWE, R.; MULLEN, K. Hematology and Biochemistry Reference Values for the Light Horse. **The Canadian Journal of Comparative Medicine**, v.44, p.32-42, 1980.
- MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A. YONEZAWA, L. A.; SILVEIRA, V. F.; SAITO, M. E. Metabolismo do ferro em equinos atletas. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p. 703-711, 2010.
- MANSO FILHO, H. C.; COTHRAN, E. G.; JURAS, R.; GOMES FILHO, M. A.; SILVA, N. M. V.; SILVA, G. B.; FERREIRA, L. M. C.; ABRE, J. M. G.; MANSO, H. E. C. C. Alelo DMRT3 mutante em equinos de marcha batira e picada das raças Campolina e Mangalarga Marchador. **Clínica Veterinária nos Trópicos**, v.18, n.1, p.6-11, 2015.
- MARTINS, C. B.; OROZCO, C. A. G.; D'ANGELIS, F. H. F. FREITAS, E. V. V.; CHRISTOVÃO, F. G.; QUEIROZ NETO, A.; LACERDA NETO, J. C. Determinação de variáveis bioquímicas em equinos antes e após a participação em prova de enduro. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.12, p.62-65, 2005.
- MCDOWELL, R. L. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. San Diego: Academic Press, p.524, 1992.
- MEACHAM, V. B. A review of calcium, phosphorus and magnesium metabolism in the horse. **Equine Veterinary Science**, v.4, n.5, p.210-214, 1984.
- MEYER, H. Nutrition of the equine athlete. In: **Equine Exercise Physiology II**, GILLESPIE, J. R.; ROBINSON, W. E. Davis: ICEEP Publications, p.644-673, 1987 *apud* NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Horses**. 6.ed. Washington D. C.: rev. National Academies Press, p.84, 2007.
- MUÑOZ, M.; VILLAR, I.; GARCÍA-ERCE, J. A. An update on iron physiology. **World Journal of Gastroenterology**, v.15, n.37, p.4617-4626, 2009.
- NACHTIGALL, D. NIELSEN, P.; FISCHER, R.; ENGELHARDT, R.; GABBE, E. E. Iron deficiency in distance runners, a reinvestigation using Fe-labelling and non-invasive liver iron quantification. **International Journal of Sports Medicine**, v.17, p. 473–479, 1996.
- NASCIMENTO, J.F. **Mangalarga marchador: Tratado Morfofuncional**. Belo Horizonte: ABCCMM, p.577, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of horses**.6.ed.Washington. D.C.: rev. National Academies Press, 2007.

NICKERSON, H. J.; HOLUBETS, M.; TRIPP, A. D.; PIERCE, W. E. Decreased iron stores in high school female runners. **The American Journal of Disease of Children**, v.139, p.1115–1119, 1985.

NIELSEN, B. D.; POTTER, G. D. Accounting for volumetric differences in estimates of bone mineral content from radiographic densitometry. **Proceedings 14th Equine Nutrition Physiology Symposium**, p.367-369, 1995 *apud* NIELSEN, B. D.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; MORRIS, E. L.; MURRAY-GERZIK, M.; SMITH, W. B.; MARTIN, M. T. Response of young horses in training to varying concentrations of dietary calcium and phosphorus. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.18, n.6, p.397-404, 1998.

OLIVEIRA, N. J. F.; PEREIRA, L. F. L.; MENDES, L. J.; WENCESLAU, R. R.; SOUZA, R. M. Interferentes intrínsecos, extrínsecos e de condicionamento físico em parâmetros sanguíneos de equídeos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.90-100, 2016.

OTT, E. A.; ASQUITH, R. L. Trace mineral supplementation of broodmares. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.14, n.2, 1994.

PAGAN, J. D.; JACKSON, S. G. Distillers dried grain as a feed ingredient for horse rations: a palatability and digestibility study. In: **Proceedings 12th Equine Nutrition and Physiology Society Symposium**. Calgary, Alberta, p.49-54, 1991. *apud* NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Horses**. 6.ed. Washington D. C.: rev. National Academies Press, p.81, 2007.

PANTOPOULOS, K.; PORWAL, S. K.; TARTAKOFF, A.; DEVIREDDY, L. Mechanisms of mammalian iron homeostasis. **Journal of Biochemistry**, v.51, n.29, p.5750-5724, 2012.

PEARSON, E. G.; ANDERSEN, C. B. Effect of oral administration of excessive iron in adult ponies. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.218, p.400-404, 2001 *apud* INOUE, Y.; MATSUI, A.; ASAI, Y.; AOKI, F.; MATSIU, T.; YANO, H. Effect of exercise on iron metabolism in horses. **Biological Trace Element Research**, v.107, p.33-42, 2005.

PIPKIN, J. L.; BAKER, L. A.; BUCHHOLZ-BRYANT, M. A.; LAMPLEY, W. J.; ELMORE-SMITH, K. A.; HALIBURTON, J. C.; VENEKLASEN, G. O.; BACHMAN, R. C.; POTTER, G. D. The effect of aerobic exercise after a period of inactivity on bone remodeling and calcium and phosphorus balance in mature horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.21, n.10, p.491-497, 2001.

PRATES, R. C. **Parâmetros fisiológicos de éguas Mangalarga Marchador em provas de marcha e alimentadas com dietas suplementadas com cromo**. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PROCÓPIO, A. M.; BERGMANN, J. A. G.; COSTA, M. D. Formação e demografia da raça Campolina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.3, p.361-365, 2003.

PROCÓPIO, A.M. Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores. 2005. 69f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005 *apud* SANTIAGO, J. M.; REZENDE, A. S. C.; LANA, A. M. Q.; FONSECA, M. G.; ABRANTES, R. G. P.; LAGE, J.; ANDRADE, J. M.; RESENDE, T. M. Comparação entre as medidas morfométricas de equinos Mangalarga Marchador de marcha batida e marcha picada. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v, 66, n.2, p.635-639, 2013.

REZENDE, A. S. C.; SILVA, R. H. P.; INÁCIO, D. F. S. Volumosos na alimentação de equídeos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p.

ROBERT, C.; GOACHET, A. G.; FRAIPOINT, A.; VOTION, D. M.; VAN ERCK, E.; LECLERC, A. L. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. **Equine Veterinary Journal**, v.42, p.98-104, 2010. 116-131, 2015.

ROSE, R. J. Electrolytes: clinical application. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**.v.6, p.281-294, 1990. *apud* NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of horses**. 6.ed. Washington D. C.: rev. National Academies Press, p.81, 2007.

ROSE, J. R.; ARNOLD, K. S.; CHURCH, S.; PARIS, R. Plasma and sweat electrolyte concentrations in the horse during long distance exercise. **Equine Veterinary Journal**, , v.12, n.1, p.19-22, 1980 *apud* FERNANDES, W. R.; LARSSON, M. H. M. A. Alterações

nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, ureia e creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30 km com velocidade controlada. **Ciência Rural**, v.30, n.3, p.393-398, 2000.

ROSOL, T. J.; CAPEN, C. C. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral metabolism. In: KANECO, J. J. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 5.ed. San Diego: Academic Press, p.619-702, 1997 *apud* FRANCO, M. F.; MAZETTO, F. R.; LOBO E SILVA, M. A. M.; VARZIM, F. L. S. B.; PEREZ, R.; BALIEIRO, J. C. C.; MASSONE, F. Alterações séricas do cálcio, fósforo e proteína total em equinos durante provas de enduro de média duração. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.11, n.1/2, p.9-12, 2004.

SALES, J. V. F.; DUMONT, C. B. S.; LEITE, C. R.; MORAES, J. M.; GODOY, R. F.; LIMA, E. M. M. Expressão do Mg^{2+} , CK, AST e LDH em equinos finalistas de provas de enduro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.1, p.105, 110, 2013.

SANTOS, S. A. **Recomendações sobre manejo nutricional de equinos criados em pastagens nativas no Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA - CPAC, 1997. P.63 *apud* MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A. YONEZAWA, L. A.; SILVEIRA, V. F.; SAITO, M. E. Metabolismo do ferro em equinos atletas. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p. 703-711, 2010.

SCHRYVER, H. F.; FOOSE, T. J.; WILLIAMS, J.; HINTZ, H. F. Calcium excretion in feces of ungulates. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.74A, n.2, p.375-379, 1983.

SHARP, P. A. Intestinal iron absorption: regulation by dietary and systemic factor. **International Journal of Vitamin and Nutritional Research**, v.80, n.4-5, p.231-242, 2010 *apud* FUQUA, B. K.; VULPE, C. D.; ANDERSON, G. J. Intestinal iron absorption. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.26, p.115-119, 2012.

SILVA, F. S.; MELO, S. K. M.; MANSO, H. E. C. C.; ABREU, J. M. G.; MANSO FILHO, H. C. Heart rate and blood biomarkers in Brazilian gaited horses during a standardized field gaited test. **Comparative Exercise Physiology**, v.10, p.105-111, 2014.

SIYAM, F. F.; KLACHKO, D. M. What is hypercalcemia? The importance of fasting samples. **Cardiorenal Medicine**, v.3, p.232-238, 2013.

- SMITH, J. E.; CIPRIANO, J. E.; DEBOWES, R.; MOORE, K. Iron deficiency and pseudo iron-deficiency in hospitalized horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.188, n.3, p.285-287, 1986. *apud* MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A. YONEZAWA, L. A.; SILVEIRA, V. F.; SAITO, M. E. Metabolismo do ferro em equinos atletas. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p. 703-711, 2010.
- SMITH, J. E.; MOORE, K.; CIPRIANO, J. E.; MORRIS, P. G. Serum ferritin as a measure of stored iron in horses. **Journal of Nutrition**, v. 114, p.677-681, 1984.
- SOUZA, M.O.; SANIOTO, S.M.L. Absorção intestinal de água e eletrólitos. **Fisiologia**. AIRES M.M. Ed.Guanabara, 3 a Ed. Rio de Janeiro, cap.60, p.903-915, 2008.
- STEWART, A. J. Magnesium disorders in horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.27, p.149-163, 2011.
- SUTTLE, N. F. **Mineral Nutrition of Livestock**. 4.ed. Wallingford: CABI International, p.182-183, 2010.
- TORIBIO, R. E. Disorders of calcium and phosphate metabolism in horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v.27, p.129-147, 2011.
- VAN DOORN, D. A.; EVERTS, H.; WOUTERSE, H.; BEYNEN, A. C. The apparent digestibility of phytate phosphorous and the influence of supplemental phytase in horses. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1756-1763, 2004.
- VORMANN, J. Magnesium: Nutrition and Metabolism. **Molecular Aspects of Medicine**, v.24, p.27-37, 2003.
- WANG, J.; PANTOPOULOS, K. Regulation of cellular iron metabolism. **Biochemistry Journal**, v.434, p.365-385, 2011.
- WEISS, D.; BURGER, D.; WEISHAUPT, M.A.; FAKLER, A.; SPICHIGER, U.E.; GIESE, L.; LIESEGANG, A.; WANNER, M.; RIOND, J.L. Effects of a 61.7 km ride on magnesium and calcium homeostasis in well trained endurance horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.22, p.77- 83, 2002.

CAPÍTULO II

Minerais séricos em cavalos atletas de marcha batida e picada

Resumo

Valores de referência da bioquímica sérica são usados não apenas para diagnosticar doenças e alterações fisiológicas, assim como uma desidratação, como também para estabelecer normalidade em equinos. Com isso, o objetivo deste trabalho foi estabelecer os valores de referência de eletrólitos de relevância na nutrição e desempenho de cavalos marchadores criados em região de clima tropical no Brasil. Amostra de sangue de 25 cavalos Mangalarga Marchador de marcha batida (MM_b), 25 de marcha picada (MM_p) e 25 Campolinas de marcha batida (CAMP_b) e 25 de marcha picada (CAMP_p) foram coletadas com os animais em jejum alimentar de 12 horas e no mínimo após 24 horas do treinamento, para diminuir o efeito do exercício e dieta sobre os parâmetros. As amostras foram analisadas para os minerais Ca, P, Mg, Na, K, Cl e Fe. Foram observadas variações nas [Ca] e [P] entre as raças e os tipos de marcha ($P < 0,01$), entretanto, as [Mg], [Fe], [Na], [K] e [Cl] não apresentaram diferença significativa entre os grupos avaliados. As [Ca] variaram de 2,13 a 2,28 mmol/L, com o grupo MM_b apresentando menor [Ca] ($P < 0,01$), enquanto que o MM_p apresentou menor concentração de fósforo (1,43 mmol/L), a que variou de 1,43 a 1,54 mmol/L. A [Mg] apresentou faixa de 0,43 a 0,50 mmol/L, o sódio de 136,14 a 138,94 mmol/L, o K de 3,75 a 3,94 mmol/L, a [Cl] variou de 84,05 a 87,27 mmol/L e a concentração de ferro de 30,80 a 34,38 mmol/L. Apesar da concentração de alguns minerais diferirem de alguns autores e corroborarem com outros, todos os resultados estão dentro do esperado para a espécie. O que mostra também, que o balanço metabólico nutricional destes animais está dentro do que se diz adequado, sem carência nem excesso. A diferença entre os estudos pode ser explicada por vários motivos, entre eles, o tipo de exercício, o tipo de andamento e raça. As concentrações inferiores de cálcio e fósforo para os grupos MM_b e MM_p, respectivamente, pode ser justificada por diferentes manejos adotados pelas diferentes propriedades de onde foram coletados os dados dos animais, como adubação de capineira ou suplementação. Ficou

evidenciado que raças equinas, utilizadas para o mesmo fim, com origem de padrão genético semelhantes, podem apresentar diferenças significativas na concentração de alguns biomarcadores do metabolismo dos minerais no sangue. Entretanto, a maioria dos biomarcadores do metabolismo dos minerais no sangue de equinos marchadores são semelhantes entre as raças marchadoras e tipos de marcha.

Palavras chave: cálcio, cavalo marchador, exercício, ferro, fósforo

Abstract

Serum biochemistry reference values are used not only to diagnose diseases and physiological changes, as well as dehydration, but also to establish normality in equines. Therefore, the aim of this essay was to establish reference values of relevant electrolytes in nutrition and performance of gaited horses raised in a tropical climate region in Brazil. Blood sample of 25 batida gait Mangalarga Marchador horses (MM_b), 25 picada gait Mangalarga Marchador horses (MM_p) e 25 batida gait Campolina horses (CAMP_b), and 25 picada gait Campolina horses (CAMP_p) were collected with animals under a 12 hours fasting and at least 24 hours after training, to reduce exercise and diet effects over all parameters analyzed. Samples were analyzed for minerals as Ca, P, Mg, Na, K, Cl, and Fe. Variations on calcium and phosphorus concentrations were observed between breeds and type of gait ($P < 0.01$), however, Mg, Fe, Na, K and Cl concentrations did not show significant differences between evaluated groups. Calcium concentrations ranged from 2.13 a 2.28 mmol/L, with MM_b group presenting the lowest calcium concentration, while MM_p has presented the lowest phosphorus concentration (1.43mmol/L), which ranged from 1.43 to 1.54 mmol/L. Magnesium concentration ranged from 0.43 to 0.50 mmol/L, sodium ranged from 136.14 to 138.94 mmol/L, potassium concentrations varied from 3.75 to 3.94 mmol/L, while chloride ranged from 84.05 a 87.27 mmol/L, and iron from 30.80 a 34.38 mmol/L. Although concentration of some minerals differ from some authors and corroborate with others in literature, all results are within the expected range for the equine specie. This also shows that the nutritional metabolic balance of these animals is within what is said appropriate, with no lack nor excess. The difference between all essays may be explained by several reasons, as well as type of exercise, type of progress, and breed. The lower concentration of calcium and phosphorus, for the groups MM_b and MM_p, respectively, may be justified by different management adopted by the different properties from where data of the animals were collected, such as

fertilization of lambs or supplementation. It was evidenced that equine breeds, used for the same purpose, with a similar genetic origin, may present significant differences in the concentration of some biomarkers of the metabolism of minerals in the blood. However, most biomarkers of blood mineral metabolism of gaited horses are similar for gaited breeds and gait types.

Key words: calcium, gaited horses, exercise, iron, phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

Valores de referência são observações feitas em um indivíduo ou grupo de indivíduos em estado definido de saúde (Dybkaer, 1975 *apud* Lumsden *et al.*, 1980). Os valores de referência da bioquímica sérica são usados não apenas para diagnosticar doenças e alterações fisiológicas, assim como uma desidratação, como também para estabelecer normalidade em equinos (Pritchard *et al.*, 2009).

Entre os principais guias de referência bioquímica na equideocultura está o dos minerais, o qual tem se mostrado de grande importância, uma vez que é a partir da avaliação dos mesmos que os profissionais podem corrigir desbalanços dos minerais, por meio de suplementação, em caso de carência, ou exclusão de ingredientes que possam elevar as concentrações a níveis prejudiciais (Amrousi & Soliman, 1965).

Os minerais presentes no sangue, também chamados de eletrólitos por apresentarem carga iônica, são elementos inorgânicos que apresentam funções de suma importância no organismo. Eles são essenciais para o metabolismo celular, equilíbrio dos fluidos e formação de dentes, ossos e células sanguíneas, entre outras diversas funções (Baptista, 2010).

Alteração na concentração destes elementos no sangue dos equinos pode conduzir a um desempenho inadequado do organismo e, conseqüentemente, desempenho atlético inferior. Segundo Lewis (2000), esta alteração pode causar distúrbios como diminuição do peso e do crescimento (P, K, Na e Zn), fadiga (Se e K), claudicação (Ca e P), tremores musculares e convulsões (Mg) e perda de pelos (Zn e P).

A grande maioria dos guias de valores de referência de eletrólitos em equinos não especificam a raça ou atividade no momento da coleta. Entretanto, alguns trabalhos podem ser usados como guia de referência utilizando-se os valores de repouso ou inicial dos animais, sendo os valores de referências dos minerais bem estabelecidos em animais

atletas de atividades de explosão, como as raças Puro Sangue Inglês (Inoue *et al.*, 2002; Crocomo *et al.*, 2009) e Quarto de Milha (Gordon *et al.*, 2014; Santiago *et al.*, 2013), de salto, como a raça Sela Italiana (Piccione *et al.*, 2007) e de resistência, como animais de provas de enduro (Hambleton *et al.*, 1980; Schott *et al.*, 2006; Adamu *et al.*, 2014).

Entretanto, trabalhos utilizando cavalos marchadores específicos para apresentarem valores de referência para minerais essenciais aos equinos são escassos. Sendo os trabalhos publicados insuficientes para servir como de guia de referência, uma vez que avaliam no máximo quatro minerais (Martins *et al.*, 2016; Folador *et al.*, 2014).

Para testar a hipótese de que não há diferenças nas concentrações de macro e microminerais no sangue de cavalos atletas suplementados com concentrado e sal mineralizado, foi executado um trabalho que objetivou estabelecer os valores de referência (índice de normalidade) de alguns minerais no sangue de equinos atletas marchadores criados em região de clima tropical.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Animais e base de criação

Foram utilizados 100 equinos adultos, de ambos os sexos, com peso médio de 450 kg, avaliados como saudáveis, com idade entre 5 e 15 anos, alojados em diferentes haras de Pernambuco. Estes animais foram agrupados em: 25 Campolinas de marcha batida (CAMP_b), 25 Campolinas de marcha picada (CAMP_p), 25 Mangalargas Marchadores de marcha batida (MM_b) e 25 Mangalargas Marchadores de marcha picada (MM_p).

A idade média era de 6,6 anos para o grupo CAMP_p, 5,6 anos para o CAMP_b, 8,88 anos para o MM_p e 8,24 anos para o MM_b.

Os cavalos estavam alojados em propriedades situadas em municípios nas regiões da Zona da Mata, Agreste e Metropolitana do Recife. A distribuição dos grupos nos diferentes municípios podem ser visualizados na Tabela 1.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Uso dos Animais através do Protocolo CEUA-UFRPE N°140/2015.

Tabela 1. Distribuição das propriedades nas quais localizavam-se os cavalos atletas marchadores avaliados no estado de Pernambuco.

Municípios	Equinos Marchadores Atletas			
	MMb	MMp	CAMPb	CAMPp
Abreu e Lima	0	0	0	8
Camagibe	13	19	2	0
Carpina	0	0	1	4
Limoeiro	3	5	5	1
Paudalho	7	1	5	1
São Lourenço	2	0	8	2
Tracunhaém	0	0	4	9

MMb: Mangalarga Marchador de marcha batida; MMp: Mangalarga Marchador de macha picada; CAMPb: Campolina de marcha batida; CAMPp: Campolina de marcha picada.

2.2. Manejo alimentar

Os animais estavam sob manejo intensivo semelhantes, recebendo forragem de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) *in natura* picado (4 vezes ao dia, ~15-20kg/dia) e concentrado comercial (3 vezes ao dia, 5-6 kg/dia com 16% de proteína bruta, 4% de extrato etéreo e 2,3 Mcal de energia digestível/kg), de forma a obter a energia necessária para animais em exercício de média duração e intensidade, conforme o NRC (2007), além de sal mineralizado comercial e água à vontade.

2.3. Treinamento

Os animais avaliados treinavam regularmente, sendo exercitados três vezes por semana à marcha, por cerca de 40-50 minutos (~ 60% marcha em velocidade 3,5 m/s) e participavam de competições regulares de marcha no estado de Pernambuco.

2.4. Coleta das amostras e análises

As amostras de sangue foram colhidas por venopunção na jugular em tubos sem anticoagulante tipo Vacutainer® para obtenção do soro. Os equinos foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas e no mínimo após 24 horas do treinamento, para diminuir o efeito do exercício e dieta sobre os parâmetros.

Os tubos foram imediatamente transportados até o Laboratório de Biologia Molecular Aplicada à Produção Animal - BIOPA, na Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde as amostras de soro foram extraídas, acondicionadas em Eppendorf de 2 mL e congeladas à temperatura de -20°C para posteriores análises.

2.5. Minerais séricos analisados

As análises bioquímicas dos minerais Ca (cálcio), P (fósforo), Mg (magnésio), Cl(cloro) e Fe(ferro) foram realizadas através do uso de kits comerciais (Doles®) em analisador bioquímico semi-automático (Doles D-250, Doles®) (Rodovia BR - 153 KM 493 Lote 7 - Chácara. Retiro - Goiânia - Goiás - Brasil - CEP: 74665-83). Estas análises foram realizadas em duplicata no BIOPA. As análises para determinação das concentrações de Na (sódio) e K (potássio) foram realizadas com kits comerciais da Labtest® em analisador bioquímico automático Labtest Diagnóstica® no Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário (UFRPE).

2.6. Análises estatísticas

O experimento foi realizado utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram agrupados conforme a raça e andamento e os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância (ANOVA), através do programa SigmaStat® 13.0 para Windows®, e como teste *post hoc* foi utilizado o teste de Tukey, ambos com o nível de

significância estabelecido em $P < 0,05$, para a comparação múltipla entre as médias (SAMPAIO, 2007). As médias das concentrações e das idades dos grupos foram obtidas através do mesmo programa para determina os valores de referência de cada mineral dentro de cada grupo. Os resultados estão expressos em média +/- erro padrão médio.

3. RESULTADOS

Os valores médios dos minerais em equinos marchadores estão descritos na Tabela 1. Foram observadas variações nas [Ca] e [P] entre as raças e os tipos de marcha ($P < 0,01$), entretanto, as [Mg], [Fe], [Na], [K] e [Cl] não apresentaram diferença significativa entre os grupos avaliados ($P > 0,05$) (Tabela 2).

Os valores médios de cálcio variaram de 2,13 a 2,28 mmol/L, com média geral de 2,24 mmol/L, sendo inferior ($P < 0,01$) nos animais da raça Mangalarga Marchador de marcha batida (2,13 mmol/L), enquanto os demais grupos apresentaram uma concentração média de 2,27 mmol/L (Figura 1).

Figura 1. Concentrações séricas de referência de cálcio (mmol/L) em equinos atletas das raças Campolina e Mangalarga Marchador de marcha picada e batida criados em clima tropical e média (em vermelho) do valor referência de fósforo para cavalos atletas marchadores.

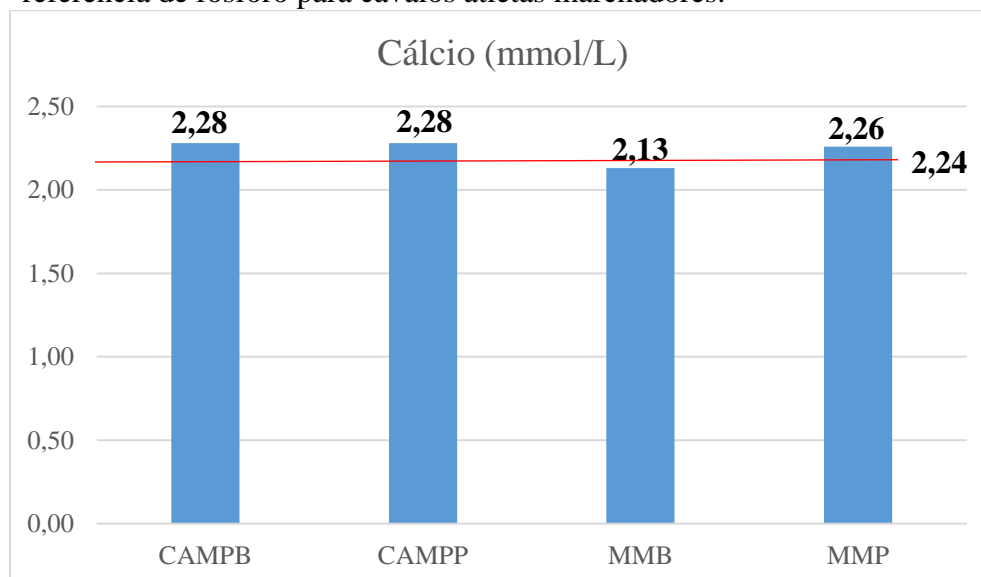


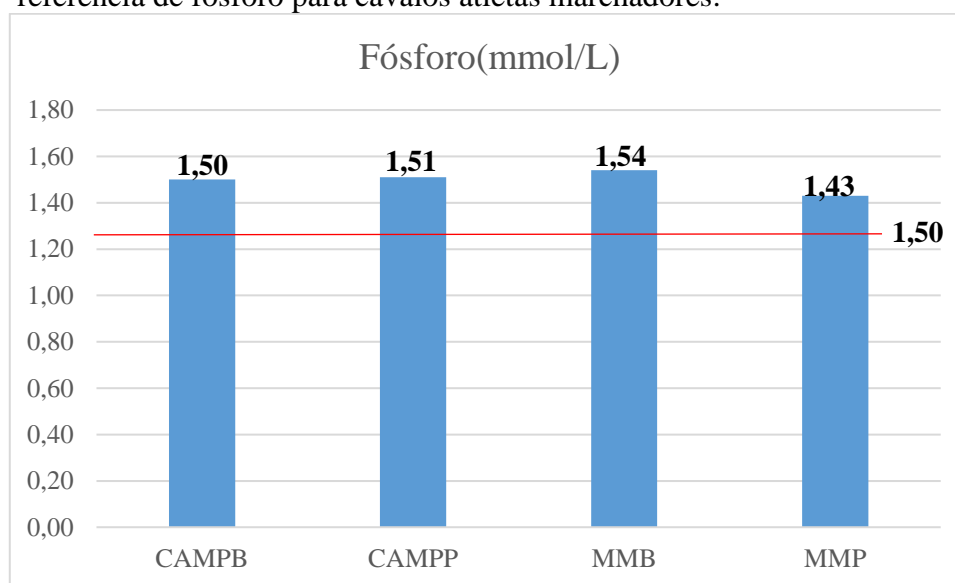
Tabela 2. Concentração de minerais séricos em cavalos atletas marchadores das raças Campolina e Mangalarga Marchador, com diferentes andamentos e valores de referência da concentração de minerais em cavalos marchadores.

Minerais	Raças Marchadoras				Média
	Campolina		Mangalarga Marchador		
	Batida (25)	Picada (25)	Batida (25)	Picada (25)	
Cálcio (mmol/L)	2,28±0,009 ^a	2,28±0,011 ^a	2,13±0,004 ^b	2,26±0,021 ^a	2,24
Fósforo (mmol/L)	1,50±0,014 ^a	1,51±0,014 ^a	1,54±0,019 ^a	1,43±0,015 ^b	1,5
Magnésio (mmol/L)	0,49±0,126 ^a	0,50±0,410 ^a	0,49±0,071 ^a	0,43±0,045 ^a	0,48
Ferro (µmol/L)	32,88±2,091 ^a	30,80±1,167 ^a	34,38±2,055 ^a	31,41±1,101 ^a	32,36
Sódio (mmol/L)	136,14±1,288 ^a	137,83±1,075 ^a	137,48±1,140 ^a	138,94±1,336 ^a	137,6
Potássio (mmol/L)	3,76±0,162 ^a	3,86±0,012 ^a	3,94±0,157 ^a	3,75±0,135 ^a	3,83
Cloretos (mmol/L)	86,94±0,500 ^a	84,05±1,422 ^a	87,27±0,453 ^a	86,34±1,244 ^a	86,15

Letras diferentes na mesma linha indicam P<0,05 pelo teste de Tukey. mmol: milimol; µmol: micromol. () : Número de animais no grupo

O fósforo, por sua vez, variou de 1,43 a 1,54 mmol/L, com média geral de 1,5 mmol/L, sendo inferior ($P<0,01$) no MM_P (1,43 mmol/L) em relação aos demais grupos, que apresentaram uma concentração média de 1,52 mmol/L (Figura 2).

Figura 2. Concentrações séricas de referência de fósforo (mmol/L) em equinos atletas das raças Campolina e Mangalarga Marchador de marcha picada e batida criados em clima tropical e média (em vermelho) do valor referência de fósforo para cavalos atletas marchadores.



Os valores médios de magnésio variaram de 0,43 a 0,50 mmol/L, apresentando uma média geral de 0,48 mmol/L. Os diferentes grupos marchadores apresentaram concentração médias de sódio que variaram de 136,14 a 138,94 mmol/L, com média geral de 137,6 mmol/L. As médias dos diferentes grupos observadas para a concentração de potássio variaram de 3,75 a 3,94 mmol/L, com média geral de 3,83 mmol/L. Enquanto que as concentrações de cloreto nos diferentes grupos variaram de 84,05 a 87,27 mmol/L, com média geral de 86,15 mmol/L.

Assim como para o magnésio, potássio, sódio e cloreto, as concentrações séricas de ferro não diferem ($P<0,05$) entre as raças estudadas nem entre os diferentes tipos de andamentos avaliados, sendo obtidos valores médios, que servem de referência, de 31,84

e 32,9 $\mu\text{mol/L}$ para a raça Campolina e Mangalarga, respectivamente, e de 33,63 e 31,11 $\mu\text{mol/L}$ para as marchas batida e picada, respectivamente. No geral, as concentrações de ferro variaram de 30,80 a 34,38 $\mu\text{mol/L}$, com média geral de 32,36 $\mu\text{mol/L}$.

4. DISCUSSÃO

É importante ressaltar que as concentrações séricas devem ser interpretadas sempre levando em consideração o histórico, os achados clínicos e doenças em cada caso (Lumsden *et al.*, 1980). Além disso, variações nas concentrações dos biomarcadores do metabolismo mineral podem ocorrer em função de diferentes condições como tipo, intensidade e duração do exercício (Machado *et al.*, 2010).

As médias das [Ca] encontradas estão abaixo dos valores obtidos em pré-teste por Silva *et al.* (2014) de 2,66 mmol/L, que utilizaram equinos das mesmas raças, bem como as encontradas por Inoue *et al.* (2002) em equinos da raça Puro Sangue Inglês (2,81 mmol/L) e por Robert *et al.* (2010) que, utilizando cavalos da raça Puro Sangue Árabe, obtiveram uma [Ca] média de 3,03 mmol/L.

Os achados para cálcio estão próximos aos encontrados nos trabalhos de Crocomo *et al.* (2009), que trabalhou com animais Puro Sangue Inglês e obteve valores basais médios de 2,25 mmol/L e de Franco *et al.* (2004) trabalhando com equinos da raça Puro Sangue Árabe (2,46 mmol/L). Entretanto, são superiores aos achados de Hess *et al.* (2008) que, avaliando animais de enduro, obtiveram [Ca] de 1,54 mmol/L.

Os valores médios obtidos das concentrações séricas de fósforo, quando comparados com os descritos na literatura, verifica-se similaridade aos achados de Silva *et al.* (2014) em animais marchadores e superioridade aos achados em animais adutos de Inoue *et al.* (2002), Franco *et al.* (2004), Pipkin *et al.* (2001) trabalhando com animais castrados, e Gromadzka-Ostrowska *et al.* (1985), trabalhando com éguas pôneis. Valores superiores

aos achados do presente trabalho foram obtidos por Crocomo *et al.* (2009) e Hess *et al.* (2008).

O fosfato sérico é influenciado pela idade, uma vez que, de acordo com Muñoz *et al.* (2012), animais jovens podem apresentar concentração de fosfatase alcalina de três a cinco vezes superior aos adultos, devido ao maior crescimento e remodelamento ósseo. Essa enzima é responsável por remover o fosfato de várias moléculas e deixá-lo disponível para o metabolismo energético, aumentando sua concentração sérica (Oliveira *et al.*, 2016). O que pode justificar a menor concentração de fósforo no grupo MMp que apresentou uma idade média (8,88 anos) superior aos demais grupos.

A diferença nas concentrações de cálcio, assim como do fósforo, pode ser resultado da diferença de treinamento entre as modalidades de marcha. O treinamento, segundo Silva & Macedo (2011), provoca adaptações crônicas no organismo, modificando suas concentrações basais.

As médias das [Mg] encontradas estão abaixo dos valores observados por Silva *et al.* (2014) de 0,7 mmol/L em animais das mesmas raças, bem como o encontrado por Inoue *et al.* (2002), Sales *et al.* (2013) e Crocomo *et al.* (2009) de 0,68, 0,81 e 0,77 mmol/L, respectivamente. Entretanto, são superiores aos achados de Hess *et al.* (2008) que, avaliando animais de enduro, obtiveram [Mg] de 0,26 mmol/L. As médias encontradas para as [Ca], [P] e [Mg] estão dentro dos valores esperados para a espécie equina, sob diferentes condições (Kaneko *et al.*, 2008).

Existem poucas pesquisas sobre a concentração desses eletrólitos nos equinos da raças Campolina e Mangalarga Marchador. Nesse contexto, Silva *et al.* (2014) relatam que as concentrações de Na em indivíduos marchadores sadios se encontram entre 136-146 mmol/L, independente da quantidade de ingestão de sal, e que a [Na] acima de 145 mmol/L de soro indica uma deficiência de água em relação a quantidade de solutos

corporais. Os dados encontrados no presente trabalho corroboram com os achados destes autores para os animais da mesma raça, assim como com os achados de Martins *et al.* (2005), avaliando Mangalarga e PSA.

Valores inferiores aos deste estudo para a concentração de sódio foram observados por Robert *et al.* (2010) e Crocomo *et al.* (2009). Entretanto todos os grupos apresentaram [Na] abaixo dos dados descritos por Coelho *et al.* (2011) de 142,3mmol/L, avaliando cavalos da raça quarto de milha, e dos descritos por Hess *et al.* (2008), Fernandes & Larsson (2000) e Corrêa *et al.* (2010).

A concentração média de potássio (3,83 mmol/L) encontrada nesta pesquisa é semelhante à média encontrada por Coelho *et al.* (2011) de 3,9 mmol/L. Fernandes & Larsson (2000), avaliando cavalos das raças Mangalarga, e Hess *et al.* (2008) obtiveram valores (3,53 e 3,61 mmol/L, respectivamente) abaixo ao encontrado neste estudo, que obteve os menores valores médios para [K] no grupo MM_P (3,75mmol/L). Entretanto, Martins *et al.* (2005), Crocomo *et al.* (2009), Robert *et al.* (2010) e Corrêa *et al.* (2010) encontraram valores (4,1; 4,16; 4,8 e 4,92, respectivamente) superiores.

Quanto a [Cl], o maior valor obtido foi dos animais do grupo MM_b (87,27 mmol/L), estando abaixo dos encontrados na literatura que vai de 95,44 a 102,0 mmol/L (Lumsden *et al.*, 1980; Fan *et al.*, 1994; Crocomo *et al.*, 2009; Corrêa *et al.*, 2010; Robert *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2014).

Os valores médios nas [Na], [K] e de [Cl] não apresentaram diferenças significativas no atual estudo, estando dentro ou próximo da normalidade para a espécie equina (Kaneko *et al.*, 2008). O estudo dos eletrólitos no sangue dos cavalos é importante para o melhor entendimento dos efeitos dos exercícios físicos e do manejo nutricional sobre a concentração deles no sangue dos cavalos.

Inoue *et al.* (2005), avaliando cavalos de corrida no Japão, obtiveram valores na concentração sérica de ferro durante três semanas de exercício incremental de 26,49, 21,3 e 21,3 $\mu\text{mol/L}$ para exercícios moderada intensidade, moderada e Lewis (2000), referindo-se aos resultados de vários estudos, sugeriu que os valores de referência da [Fe] para os equinos podem variar de 21,48 a 37,59 $\mu\text{mol/L}$, para o ferro sérico.

A diferença entre os estudos pode ser explicada por vários fatores, entre eles, o tipo de exercício, raça, manejo nutricional e local de criação, entre outros. No caso do tipo de exercício realizado, por exemplo, Silva & Macedo (2011) afirma que o organismo passa por adaptação crônica em função do tipo de exercício realizado, modificando as concentrações basais. Contudo, todos os resultados estão dentro do esperado para a espécie (Lewis, 2000; Kaneko *et al.*, 2008). O que mostra também, que o balanço metabólico nutricional destes animais está dentro do que se diz adequado, sem carência nem excesso.

O manejo alimentar e protocolo de treinamento semelhantes entre as raças e tipos de marcha podem justificar a semelhança entre as concentrações basais dos minerais, com exceção do cálcio e do fósforo.

5. CONCLUSÃO

Os valores de referência sérica para cavalos de marcha criados em clima tropical para os macrominerais Ca, P, Mg, Na, K e Cl são 2,24; 1,5; 0,48; 137,6; 3,83 e 86,15 mmol/L e para o micromineral ferro é de 32,36 $\mu\text{mol/L}$. Além disso, ficou evidenciado que raças equinas, utilizadas para o mesmo fim, com origem de padrão genético semelhantes, podem apresentar diferenças significativas na concentração de alguns minerais no sangue.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMU, L.; ADZAHAN, N. M.; RASEDEE, A.; AHMAD, B. Responses of serum biochemical parameters, electrolytes and heart rate in an 80 km endurance race. **Journal of Veterinary Advances**, v.4, n.1, p.329-337, 2014.

AMROUSI, S. E.; SOLIMAN, M. K. Serum calcium, potassium and sodium of healthy horses three to fourteen years of age. **Canadian Veterinary Journal**, v.6, p.253-256, 1965.

BAPTISTA, T. S. **Valores de referência de elementos em sangue de cavalos da raça crioula via metodologia nuclear**. Dissertação. 71 f. (Mestre em Ciências – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nuclear - Autarquia Associada à Universidade de São Paulo), São Paulo, Brasil, 2010.

COELHO, C. S.; LOPES, P. F. R.; PISSINATI, G. L.; RAMALHO, L. O.; SOUZA, V. R. C. Influência do exercício físico sobre sódio e potássio séricos em equinos da raça Quarto de Milha e mestiços submetidos à prova de laço em dupla. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.18, p.32-35, 2011.

CORRÊA, K. S.; MATTOSO, C. R. S.; SILVA, C. F. G. K. T.; LAGOS, M. S.; TAKAHIRA, R. K.; LOPES, R. S. Enzimas musculares e eletrólitos em equinos submetidos a esforço físico prolongado, suplementados com acetato de tocoferol e selênio. **Veterinária e Zootecnia**, v.17, p.85-93, 2010.

CROCOMO, L. F.; BALARIN, M. R. S.; TAKAHIRA, R. K.; LOPES, R. S. Macrominerais séricos em equinos atletas da raça Puro Sangue Inglês, antes e após exercício físico de alta intensidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, p.929-938, 2009.

DYBKAER, R.; JORGENSEN, K.; MYBOE, I. Statistical terminology in clinical chemistry reference values. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, v.35, p.45-74, 2010 *apud* LUMSDEN, J. H.; ROWE, R.; MULLEN, K. Hematology and biochemistry reference values for the light horse. **The Canadian Journal of Comparative Medicine**, v.44, p.32-42, 1980.

FAN, L. C. R.; LOPES, S. T. A.; COSTA, P. R. S.; KRAUSE, A.; DUTRA, V.; CARVALHO, C. B. Anion gap no sangue venoso de equinos. **Ciência Rural**, v.24, p.101-104, 1994.

FERNANDES, W. R.; LARSSON, M. H. M. A. Alterações Nas concentrações séricas de Glicose, Sódio, Potássio, Uréia E Creatinina, em equinos submetidos a provas de enduro de 30km com velocidade controlada. **Ciência Rural**, v.30, p.393-398, 2000.

FOLADOR, J. C.; DRUMOND, B.; SOUZA, V. R. C.; COELHO, C. S. Concentrações séricas de sódio, potássio e cálcio em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico. **Archives of Veterinary Science**, v.19, n.2, p.60-68, 2014.

FRANCO, M. F.; MAZETTO, F. R.; LOBO, E.; SILVA, M. A. M.; VARZIM, F. L. S. B.; PEREZ, R.; BALIEIRO, J. C. C.; MASSONE, F. Alterações séricas do cálcio, fósforo e proteína total em equinos durante provas de enduro de média duração. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.11, p.9-12, 2004.

GORDON, M. E.; EDWARDS, M. S.; SWEENEY, C. R.; JERINA, M. L. Effects of added chelated trace minerals, organic selenium, yeast culture, direct-fed microbials, and *Yucca schidigera* extract in horses. Part I: Blood nutrient concentration and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.91, n.8, p.3899-3908, 2014.

GROMADZKA-OSTROWSKA, J.; ZALEWSKA, B.; JAKUBOW, K.; GOZLENSKI, H. Three-year study on trace mineral concentration in the blood plasma of Shetland pony mares. **Compendium of Biochemical Physiology**, v.82a, p.651-660, 1985.

HAMBLETON, P. L.; SLADE, L. M.; HAMAR, D. W.; KIENGOLZ, E. W.; LEWIS, L. D. Dietary fat and exercise conditioning effect on metabolic parameters in the horse. **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, 1980.

HESS, T. M.; GREIWE-CRANDELL, K. M.; WALDRON, J. E.; WILLIAMS, C. A.; LOPES, M. A.; GAY, L. S.; HARRIS, P. A.; KRONFELD, D. S. Potassium-free electrolytes and calcium supplementation in an endurance race. **Comparative Exercise Physiology**, v.5, p.33-41, 2008.

INOUE, Y.; OSAWA, A.; MATSUI, Y.; ASAI, Y.; MURAKAMI, T.; MATSUI, T.; YANO, H. Changes of serum mineral concentrations in horses during exercise. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.15, p.531-536, 2002.

INOUE, Y.; MATSUI, A.; ASAI, Y.; AOKI, F.; MATSUI, T.; YANO, H. Effect of exercise on iron metabolism in horses. **Biological Trace Element Research**, v.107, p.33-42, 2005.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6th revised edition. San Diego: Academic Press, 2008.

LEWIS, L. D. Minerais para Equinos. Em: **Nutrição Clínica Equina - Alimentação e Cuidados**. São Paulo: Rocca, 2000.

LUMSDEN, J. H.; ROWE, R.; MULLEN, K. Hematology and Biochemistry Reference Values for the Light Horse. **The Canadian Journal of Comparative Medicine**, v.44, p.32-42, 1980.

MACHADO, L. P.; KOHAYAGAWA, A.; YONEZAWA, L. A.; SILVEIRA, V. F.; SAITO, M. E. Metabolismo do ferro em equinos atletas. **Ciência Rural**, v.40, p.703-711, 2010.

MARTINS, C. B.; OROZCO, C. A. G.; D'ANGELIS, F. H. F. FREITAS, E. V. V.; CHRISTOVÃO, F. G.; QUEIROZ NETO, A.; LACERDA NETO, J. C. Determinação de variáveis bioquímicas em equinos antes e após a participação em prova de enduro. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.12, p.62-65, 2005.

MARTINS, L. P.; DI FILIPPO, P. A.; MEIRELES, M. A. D.; PEÇANHA, R. M. S. P.; MELLO, L. M.; RIBEIRO, L. M. F.; VIANA, I. S. Effect of marcha exercise on serum electrolytes and acid base balance in Mangalarga Marchador horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.49, n.1, p.108-112, 2016.

MUÑOZ, A.; RIBER, C.; TRIGO, P.; CASTEJON, F. Age- and gender-related variations in hematology, clinical biochemistry, and hormones in Spanish fillies and colts. **Research in Veterinary Science**, v.93, i.2, p.943-949, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of horses. 6th revised edition, Washington D. C.: **National Academies Press**, 2007.

OLIVEIRA, N. J. F.; PEREIRA, L. F. L.; MENDES, L. J.; WENCESLAU, R. R.; SOUZA, R. M. Interferentes intrínsecos, extrínsecos e de condicionamento físico em parâmetros sanguíneos de equídeos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.90-100, 2016.

PICCIONE, G.; GIANNETTO, C.; ASSENZA, A.; FAZIO, F.; G. CAOLA. Serum electrolyte and protein modification during different workload in jumper horse. **Comparative Clinical Pathology**, v.16, p.103-107, 2007.

PIPKIN, J. L.; BAKER, L. A.; BUCHHOLZ-BRYANT, M. A.; LAMPLEY, W. J.; ELMORE-SMITH, K. A.; HALIBURTON, J. C.; VENEKLASEN, G. O.; BACHMAN, R. C.; POTTER, G. D. The effect of aerobic exercise after a period of inactivity on bone remodeling and calcium and phosphorus balance in mature horses. **Journal of Equine Veterinary**, v.21, p.491-497, 2001.

PRITCHARD, J. C.; BURN, C. C.; BARR, A. R. S.; WHAY, H. R. Haematological and serum biochemical reference values for apparently healthy working horses in Pakistan. **Research in Veterinary Science**, v.87, p.389-395, 2009.

ROBERT, C.; GOACHET, A. G.; FRAIPOINT, A.; VOTION, D. M.; VAN ERCK, E.; LECLERC, A. L. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. **Equine Veterinary Journal**, v.42, p.98-104, 2010.

SALES, J. V. F.; DUMONT, C. B. S.; LEITE, C. R.; MORAES, J. M.; GODOY, R. F.; LIMA, E. M. M. Expressão do Mg^{2+} , CK, AST e LDH em equinos finalistas de provas de enduro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, p.105-110, 2013.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística Aplicada à experimentação animal**. 3ª edição. Editora FEPMVZ – Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2007.

SANTIAGO, T. A.; MANSO, H. E. C. C. C.; ABREU, J. M. G.; MELO, S. K. M.; MANSO FILHO, H. C. Blood biomarkers of the horse after field Vaquejada test. **Comparative Clinical Pathology**, v.23, n.3, p.769-774, 2014.

SCHOTT, H. C.; MARLIN, D. J.; GEOR, R. J.; HOLBROOK, T. C.; DEATON, C. M.; VINCENT, T.; DACRE, K.; SCHROTER, R. C.; JOSE-CUNILLERAS, E.; CORNELISSE, C. J. Changes in selected physiological and laboratory measurements in

elite horses competing in a 160 km endurance ride. **Equine Veterinary Journal**, v.36, p.37-42, 2006.

SILVA, F. O. C.; MACEDO, D. V. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.13, n.4, p.320-328, 2011.

SILVA, F. S.; MELO, S. K. M.; MANSO, H. E. C. C. C.; ABREU, J. M. G.; MANSO FILHO, H. C. Heart rate and blood biomarkers in Brazilian gaited horses during a standardized field gaited test. **Comparative Exercise Physiology**, v.10, p.105-111, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários autores têm mostrado valores de concentrações séricas de vários parâmetros hematológicos e bioquímicos para a espécie equina. Entretanto, cada vez mais pesquisadores e criadores têm investido em determinadas raças. No Brasil, principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste, as raças de cavalos marchadores são bastante utilizadas não só como lazer, mas principalmente para esporte e exposições. As concentrações séricas dos minerais neste grupo de animais, os marchadores, servirão de auxílio não só para a pesquisa, mas para os profissionais a campo que lidam com estes animais na clínica de rotina e na busca de melhorar a performance dos mesmos em provas, uma vez que os minerais estão diretamente ligados não só à funções de manutenção como ao desempenho atlético dos animais.