

**UNIVERSIDADE BRASIL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**ULISSES SEBASTIÃO BRUZEGHIN BORIM**

**COLESTEROL SÉRICO EM EQUINOS SUPLEMENTADOS COM CROMO  
ORGÂNICO E SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO**

**SERUM CHOLESTEROL IN HORSES SUPPLEMENTED WITH ORGANIC  
CHROMIUM AND SUBMITTED TO EXERCISE**

**DESCALVADO, 2016**

**UNIVERSIDADE BRASIL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**ULISSES SEBASTIÃO BRUZEGHIN BORIM**

**COLESTEROL SÉRICO EM EQUINOS SUPLEMENTADOS COM CROMO  
ORGÂNICO E SUBMETIDOS AO EXERCÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como parte das exigências da matriz curricular do curso de graduação em Engenharia Agrônômica da Universidade Brasil - Campus de Descalvado - SP

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Mauricio Peruca de Melo

Co-orientador: Prof. Dr. Wanderley José de Melo

**DESCALVADO, 2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Rafael e Solange Borim, e a meu irmão, Lucas Borim, que propiciaram minha caminhada até aqui e estiveram presentes em todos os momentos de minha vida.

Agradeço, também, aos meus amigos, vulgo “Seistão”, Anderson Seller, Diogo de Souza, Hilton V. Junior, Iago Ravazi, Lucas Franchin, Marcos Vinicius Vitulio e, também, a todos os colegas de graduação, pela amizade e parceria ao longo desses anos.

A minha namorada Franciele Dutra, pelo apoio incondicional que me deu ao longo desses anos em que estamos juntos. Obrigado por toda compreensão, colaboração e por me motivar em cada momento de dificuldade. Essa conquista é nossa!

Ao Professor Doutor Gabriel Mauricio Peruca de Melo, por ter acreditado em meu projeto de pesquisa e por ter orientado meus passos durante sua execução. Muito obrigado! Estendo esse agradecimento ao coordenador do curso de Engenharia Agrônômica, Fábio Mazonetto, e a todo o corpo docente, pelos ensinamentos, apoio e experiências compartilhadas.

E, por fim, à Universidade Brasil e toda sua equipe de funcionários, que me acolheu há cinco anos e transformou um sonho em realidade.

Sem vocês, não teria chegado até aqui. A todos, sem exceção, o meu muito obrigado!

## RESUMO

O crômio foi identificado em 1797 pelo químico e farmacêutico francês Louis Nicholas Vauquelin (1763-1829) e, desde então, os reais efeitos dessa substância são estudados por pesquisadores de múltiplas áreas. O presente trabalho pretende analisar os efeitos do cromo trivalente, uma derivação do crômio, em suplementação dietética para equinos. Sabe-se que a substância pode melhorar o desempenho fisiológico desses animais, além de diminuir os efeitos do estresse e aumentar a capacidade reprodutiva, entre outros benefícios. O objetivo deste trabalho foi compreender qual o real impacto da inclusão do cromo orgânico na dieta de equinos, por meio da análise empírica de um grupo de 16 animais, com 2 a 6 anos de idade e com peso médio de 450 kg. O experimento foi realizado no Haras Hawi, localizado no município de Descalvado – SP, e teve duração de 63 dias, sendo realizado de forma casualizada, em esquema de análise fatorial, com o fator A caracterizado pelo condicionamento do animal e o fator B pela suplementação ou não de Cr orgânico (5mg/animal aplicados em intervalos de 7 dias). A partir dos resultados, está claro que a suplementação dietética de equinos com cromo orgânico pode prevenir a fadiga e ser usada como agente ergogênico nutricional, pois é conhecido que a rápida recuperação da frequência cardíaca após uma competição é um indicativo de que o animal está bem condicionado para o exercício realizado. Benefícios positivos da suplementação na redução do colesterol sérico devem ser observados.

**Palavras-chave:** crômio; quelato; suplementação; trivalente

## **ABSTRACT**

Chromium was identified in 1797 by the French chemical and pharmaceutical Louis Nicholas Vauquelin (1763-1829) and, since then, the real effects of this substance are studied by researchers of multiple areas. This study intends to analyze the effects of trivalent chromium, a chromium derivation, in a dietary supplementation for equines. Science knows that chromium can improve the physiological performance of these animals, to reduce the effects of stress and also to increase the reproductive capacity. The objective of the study is to understand the real effects of organic chromium with an empiric analyze in a group with 16 animals of Hawi Haras, located in Descalvado – SP. The experiment lasted 63 days and it was conducted with animals which are 2 to 6 years old, with average weight of 450 kg. The dietary supplementation of horses with organic chromium can prevent fatigue and be used as a nutritional ergogenic agent, it is known that the rapid recovery of FC after a competition is an indication that the animal is well conditioned for exercise performed. Positive benefits of supplementation in reducing serum cholesterol should be observed.

**Keywords:** chromium; chelate supplementation; trivalent

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. Cromo Trivalente (Cr <sup>3</sup> ).....	11
2.1.1. Dinâmica e fisiologia do Cromo no organismo.....	12
2.1.2. Forma biologicamente ativa do Cromo.....	15
2.2. Atuação do Cromo durante atividades físicas.....	16
2.3. Cautelas em relação à suplementação com Cromo.....	17
2.4. A importância da suplementação com Cromo.....	18
3. JUSTIFICATIVA.....	20
4. OBJETIVOS.....	20
4.1. Objetivo Geral.....	20
4.2. Objetivos Específicos.....	20
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
5.1. Local do experimento.....	21
5.2. Animais.....	21
5.3. Manejo alimentar.....	21
5.4. Delineamento experimental e tratamentos.....	21
5.5. Duração experimental.....	21
5.6. Exercício.....	22
5.7. Amostragem e avaliações nas amostras de sangue.....	22

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6.1. Frequência cardíaca.....	23
6.2. Colesterol total.....	24
7. CONCLUSÕES.....	26
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Frequência cardíaca (batimento/minuto), antes e após o exercício de equinos condicionados e não condicionados, não tratados, ou tratados com 5 mg/animal de Cr orgânico, via oral..... 22

Tabela 2. Colesterol total (mg/dL), antes e após o exercício de equinos condicionados e não condicionados, não tratados, ou tratados com 5 mg/animal de Cr orgânico, via oral..... 24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FC	Frequência Cardíaca
FR	Frequência Respiratória
Cr	Cromo
PMIT	Sistema de Transporte de Íon da Membrana Plasmática
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
PO	Puro de Origem
DMS	Diferença Mínima Significativa
CV	Coeficiente de Variação
WGR	Coordenada geográfica de longitude

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos ergogênicos são exemplos da evolução da ciência do esporte equino. Considerados legais, eles podem ser definidos como mecanismos fisiológicos, nutricionais ou farmacológicos que são capazes de estimular a melhora no desempenho de atividades físicas, esportivas ou ocupacionais. A ação de agentes ergogênicos permite aumentar a capacidade para exercício em equinos. Além disso, eles diminuem a perda de energia e combatem o acúmulo de lactato, aumentando, portanto, o desempenho do animal.

Um exemplo de recurso ergogênico é o cromo trivalente (Cr). Essa substância, ao ser incluída na dieta de equinos, é combinada com a cromodulina e, juntas, potencializam os efeitos da insulina. Dessa maneira, a tolerância à glicose é aumentada, causando uma alteração no metabolismo de aminoácidos, lipídeos e carboidratos (NRC, 1997), o que aumenta o desempenho atlético dos animais.

A maior parte do cromo existente no organismo encontra-se armazenada no cérebro, pele, tecido adiposo, músculos, baço, rins e testículos. Alguns aminoácidos, a vitamina C e o amido auxiliam na captação do cromo pelos enterócitos. A absorção desse mineral depende da fonte. Fontes inorgânicas possuem aproveitamento pelo organismo bastante restrito, em torno de 1% do total ingerido. Complexos orgânicos do mineral (quelatos) possuem melhor absorção, em torno de 10% a 20% do total ingerido.

Quando utilizado na dieta equina, age aumentando a mobilização de lipídeos durante a atividade, o que acaba por incentivar a utilização de outras vias de fornecimento de energia, diminuindo a fadiga do animal. Pode reduzir os picos de glicose e, conseqüentemente, de insulina. Assim, os níveis de lactato e cortisol no sangue também são reduzidos, o que aumenta a imunidade do animal e diminui seu estresse (PAGAN et al., 1995; OTT & KIVIPELTO, 1999).

O objetivo deste trabalho foi levantar dados concretos para detectar quais são os reais benefícios decorridos da inclusão do cromo orgânico, como recursos ergogênicos, na dieta de equinos em provas de desempenho. Dessa forma, será possível compreender quais são as reais vantagens do uso de suplementos dessa classe.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Cromo Trivalente ( $\text{Cr}^3$ )

O farmacêutico e químico francês Louis Nicholas Vauquelin (1763 - 1829) identificou o cromo em 1797, em uma amostra de cromato de chumbo. A substância tem esse nome devido às diversas cores que possuem seus compostos. Ela ocorre naturalmente no solo, em gases e na poeira que tem origem vulcânica. O cromo é encontrado em seis estados de oxidação ( $\text{Cr}^0$ ,  $\text{Cr}^{+2}$ ,  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Cr}^{+4}$ ,  $\text{Cr}^{+5}$ ,  $\text{Cr}^{+6}$ ), sendo as formas  $\text{Cr}^{+2}$ ,  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Cr}^{+6}$  as mais comuns. O  $\text{Cr}^{+3}$  apresenta ocorrência natural, enquanto as formas  $\text{Cr}^{+2}$  e  $\text{Cr}^{+6}$  são produzidas, principalmente, pela indústria de aço.

Por volta de 1950, o cromo passou a ser considerado indispensável para os animais, uma vez que a baixa concentração no organismo pode causar alterações no metabolismo e, conseqüentemente, males como diabetes e doenças cardiovasculares. Essas doenças são, muitas vezes, atribuídas a outras causas. A forma biologicamente ativa é o íon trivalente, sendo a suplementação orgânica mais eficiente na forma de compostos orgânicos do que na forma inorgânica (MOWAT, 1997)

O  $\text{Cr}^3$  é um mineral essencial ao organismo de humanos e animais. Ele atua no metabolismo da glicose e lipídeos e, se deficiente, pode acarretar desde o retardo no crescimento até a intolerância à glicose (HERTZ et al., 1989; SANO et al., 1999).

Sua ação se resume à potencialização da ação da insulina, facilitando sua união com seu receptor na superfície celular, aumentando a sensibilidade da célula à glicose (Mertz & Roginski, 1969). Essa ação da substância foi descrita não só em humanos, mas também em ratos, frangos, ruminantes, entre outras espécies.

Conforme afirma Anderson (1994), os estímulos estressantes demandam maiores reservas energéticas, minerais e vitamínicas. O  $\text{Cr}^3$ , por facilitar a captação de glicose, contribui para o aumento da reserva energética e, portanto, a sua suplementação dietética tende a reduzir os efeitos do estresse nos animais.

### 2.1.1. Dinâmica e fisiologia do cromo no organismo

De acordo com Gomes et al. (2005), o cromo participa ativamente do metabolismo de carboidratos e, por atuar ao lado da insulina, contribui com a tolerância à glicose e pode influenciar o metabolismo de proteínas. O cromo também atua paralelamente à insulina. Apesar de não ter sido identificada nenhuma enzima que possa depender da substância, pesquisas detectaram que o mineral pode inibir a enzima hepática hidroximetilglutaril-CoA-redutase, diminuindo a concentração plasmática de colesterol.

No organismo, o  $\text{Cr}^3$  é absorvido primeiramente no intestino delgado, com maior intensidade no jejuno e, em menor intensidade, no íleo e no duodeno (MOWAT, 1997). Depois de absorvido, o cromo é primeiramente transportado no plasma sanguíneo pela transferrina e estocado por longos períodos no fígado e pulmões. Um experimento realizado com ratos observou que, após a introdução de cloreto de cromo no estômago de animais, 99% do metal presente no sangue encontrava-se associado a componentes não celulares, sendo que 90% estavam associados à fração  $\beta$ -globulina, dos quais 80% estavam ligados à transferrina (VICENT, 2001).

Em humanos, do total circulante de transferrina, 30% se encontrava associado ao ferro e os 70% restantes encontravam-se em forma livre para transportar outros minerais. Estudos *in vitro* demonstram que a transferrina pode transportar dois átomos de cromo, da mesma forma que ocorre com o ferro (VICENT, 2001). É distribuído em uma fração presa à proteína transferrina e em uma fração livre. O órgão utiliza o cromo na forma presa à proteína e o retorno deste se dá na forma livre. O cromo armazenado no fígado e nos pulmões apresenta meia vida de, aproximadamente, quatro dias. Já o cromo estocado nos demais órgãos apresenta meia vida inferior de, aproximadamente, uma ou 2 horas. A principal via de eliminação é a urina (NRIAGU e NIEBOER, 1988).

Alguns estudos realizados com seres humanos e animais de laboratório mostraram a importância da forma como o cromo é suplementado em relação à eficácia do tratamento. Foi detectado que a forma orgânica, que tem baixa disponibilidade, é mais absorvida que a inorgânica (NRC, 1996). O cromo orgânico apresentou uma absorção de 10 a 15% do total ingerido, contra 1 a 3% da forma inorgânica (CHANG et

al., 1992). A baixa disponibilidade do elemento em sua forma inorgânica pode estar relacionada com a formação de óxidos de cromo insolúveis, interferência de outros elementos (zinco, ferro, vanádio) e baixa ou nenhuma conversão da forma inorgânica para a orgânica pela falta de ácido nicotínico (MOWAT, 1997).

A atuação do cromo no organismo depende do seu estágio de oxidação. EDEL et al. (sd.), em pesquisas realizadas com ratos, notou que o Cr+3 foi quase que totalmente transportado no plasma sanguíneo, enquanto o Cr+6 se associava a glóbulos vermelhos. Após ter sido absorvido, o Cr+6 acumulou-se principalmente nos rins, em uma proporção de concentração 10 vezes superior ao Cr+3. A concentração nos outros tecidos também foi mais uniforme e em maior grau ao Cr+3. Este último ocorreu em maior concentração no fígado (5,5 vezes superior ao Cr+6).

LI e STOECKER (1986) detectaram que a suplementação com cromo aumentou significativamente a concentração do elemento também nos ossos. Com relação à excreção, o Cr+6 foi mais excretado e a principal via foi a urina. Desta forma, no estado de oxidação +3, o cromo foi retido no organismo, principalmente no fígado, vindo a ser utilizado posteriormente em condições específicas para elaboração de sua forma biologicamente ativa, o GTF.

As condições psicológicas do animal também interferem na excreção da substância. Estresse e exercício frequente, por exemplo, causam elevação na excreção de cromo pelos animais (PAGAN et al., 1996).

Em uma situação de estresse, a concentração do hormônio cortisol no sangue acarreta na diminuição do metabolismo da glicose. O cortisol age como um economizador de glicose, uma vez que impede a entrada dela em tecidos periféricos, como músculos e gordura, e a disponibiliza para tecidos com elevada demanda (cérebro e fígado). Essa dinâmica resultou na elevação do teor de glicose sanguínea e a subsequente mobilização do Cr+3 dos estoques corporais, mobilização esta que é irreversível, sendo o cromo eliminado posteriormente pela urina. Os fatores que provocaram a elevação da glicose sanguínea foram relacionados com a deficiência de cromo (BURTHON, 1995).

Mowat (1997) elencou algumas situações que alteram a absorção de cromo no organismo: baixa ingestão de matéria seca e de alimentos com baixa biodisponibilidade

de cromo, ingestão de alimentos advindos de solos pobres em cromo, alto nível de minerais interferentes, como ferro e zinco, baixo nível de niacina, baixo nível de aminoácidos, baixa concentração de ácido ascórbico e presença de tampões intestinais. O autor também detectou algumas situações que aumentam a taxa de eliminação de cromo pelo organismo: somatotropina bovina, estresse calórico, estresse por transporte, gestação, lactação, exercícios físicos, trauma fisiológico, infecções, obesidade, teor elevado de açúcares, alta produção de propionato, suplementação de lipídeos, alta ingestão de nitrogênio não proteico ou nitrogênio solúvel.

A relação da concentração de cromo nos tecidos está também diretamente relacionada à dieta dos animais. Aqueles que consomem maiores quantidades de amido possuem maiores quantidades de cromo em seus tecidos se comparados àqueles que consomem carboidratos simples. O amido demanda uma digestão mais lenta se comparado com açúcares simples e, portanto, exerce menor potencial osmótico e absorve menos água no intestino. Dessa maneira, a passagem do cromo pelo trato gastrintestinal também é mais lenta, o que permite uma maior absorção pelas paredes intestinais. A alta taxa de ingestão de carboidratos simples (35% do total de calorias) resultou em maior excreção de Cr na urina quando comparada com um consumo menor de carboidratos (15% do total de calorias), como observado por Kozlovsky et al. (1986).

Já uma dieta rica em amido, aplicada em ratos, resultou em maior concentração do elemento nos tecidos (SEABORN E STOECKER, 1989). Com a confirmação da veracidade dessa informação, pode-se inferir que suplementos dietéticos que demandam alto teor de água podem diminuir a absorção do cromo (SEABORN e STOECKER, 1989). É preciso salientar que os efeitos do consumo de carboidratos e amido sobre a atuação do cromo em humanos e animais ainda merecem mais atenção de investigadores da área.

ANDERSON e KOZLOVSKY (1985) investigaram como a quantidade de cromo presente na dieta de animais afeta sua absorção. Foi detectado que o consumo de aproximadamente 10  $\mu\text{g}$  de cromo por dia representou uma excreção de 2% da substância na urina, enquanto que em uma ingestão de 40  $\mu\text{g}$ , apenas 0,4-0,5% do cromo foi recuperado na urina.

### 2.1.2. Forma biologicamente ativa do cromo

O cromo tem como principal função fisiológica o metabolismo de carboidratos, sendo classificado como componente integral do fator de tolerância à glicose (GTF), que potencializa a insulina. Dessa maneira, ele está também envolvido em outras atividades dependentes da insulina, como o metabolismo de proteínas e lipídios (MOWAT, 1997).

Anteriormente, não era conhecido o modo como a forma ativa do cromo ou o GTF melhoravam a tolerância à glicose e, conseqüentemente, tornavam eficientes os tecidos periféricos. Acreditava-se que a insulina se associava a receptores específicos na membrana celular dos tecidos em que se encontrava. Alguns estudos detectaram que o espaço de ação do cromo estava localizado na mesma região da ação da insulina, ou seja, na membrana celular. O composto se ligaria diretamente à insulina, alterando sua conformação e facilitando a ligação entre ela e receptores na membrana da célula (MOWAT, 1997).

Alguns estudos desenvolvidos com roedores mostraram que o cromo é responsável pela liberação da insulina em medidas corretas, e que sua deficiência leva ao aumento na secreção do hormônio (MOWAT, 1997).

Em relação à sua nomenclatura, pesquisadores da atualidade tem recomendado o não uso da denominação GTF para se referir ao cromo biologicamente ativo no organismo, em razão da identificação de um oligopeptídeo com baixo peso molecular, ligante de cromo na biomolécula (LMWCr) e com propriedades semelhantes ao GTF. Este oligopeptídeo é composto por glicina, cisteína, aspartato e glutamato e, até então, era denominado de LMWCr. Recentemente, recebeu a denominação de cromodulina, que se caracteriza pela capacidade de se ligar a quatro moléculas de cromo (VICENT, 2001).

A cromodulina tem a capacidade de ativar a tirosina quinase dos receptores de insulina ativados. O alerta para ativar a tirosina quinase pode ser amplificado em até sete vezes, quando ocorre a presença da cromodulina. Em caso de deficiência de cromo, nenhum elemento de transição (V, Mn, Fe, Co, Ni, Zn e Mo) é eficaz na

reconstrução da atividade da cromodulina na ativação da tirosina quinase (VICENT, 2001).

## **2.2. Atuação do cromo durante atividades físicas**

Durante o exercício físico, os estoques orgânicos de cromo são ativados para melhorar a captação de glicose pela célula. O aumento de glicose no sangue, como sabemos, aumenta a liberação de insulina, que é o hormônio responsável pela maior liberação do cromo. O excedente de cromo no plasma sanguíneo não é absorvido pelos rins, sendo, portanto, excretado pela urina. De acordo com Gomes et al. (2005), a concentração plasmática de cromo aumenta durante exercícios aeróbicos e mantém-se elevada duas horas após o fim da atividade

Tanto o efeito agudo quanto crônico do exercício físico provocam maior excreção de cromo pela urina nos dias de prática esportiva. As perdas urinárias de cromo geralmente não são restabelecidas rapidamente, em função da absorção intestinal deste mineral não ser suficiente para suprir o cromo perdido. Exercícios tanto aeróbicos quanto o treinamento de força aumentam a absorção de cromo intestinal, mas a perda urinária ainda é prioritária, resultando em balanço negativo de cromo, depleção e redistribuição dos estoques corporais deste mineral no pós-exercício. Diante disso, postula-se que atletas possam apresentar deficiência de cromo com mais facilidade que indivíduos sedentários ou moderadamente ativos (GOMES et al., 2005).

O objetivo buscado ao suplementar uma dieta com cromo é o aumento da eficiência da via anabólica por meio do aumento da sensibilidade de seres humanos e animais à insulina. O hormônio estimula a captação de aminoácidos e, em consequência, a síntese protéica, aumentando assim a resposta do metabolismo ao ambiente de treinamento. Em seres humanos, este fato pode acarretar no aumento da massa muscular. Por outro lado, a suplementação com cromo pode auxiliar no controle de glicemia em indivíduos e animais portadores de diabetes. A Organização Mundial de Saúde (OMS) não sugere uma quantidade mínima para ingestão da substância em humanos, mas afirma que dosagens de 125 a 200µg/dia, além da dieta rotineira, podem favorecer o controle glicêmico e melhorar o perfil lipídico (GOMES et al., 2005).

### 2.3. Cautelas em relação à suplementação com cromo

O  $\text{Cr}^{3+}$  não é a forma mais tóxica encontrada do cromo, porém, é tóxica ao organismo quando ingerida em dosagens elevadas. Os graves problemas relacionados à intoxicação com cromo, porém, se referem ao  $\text{Cr}^{6+}$ , que, quando inalado em, geralmente, ambientes industriais, pode causar ulceração do septo nasal, inflamação da mucosa nasal, bronquite crônica e enfisema (Gomes et al. 2005).

Os autores explicam que uma possível contraindicação da ingestão de altas doses de  $\text{Cr}^{3+}$  para o organismo refere-se ao prejuízo no estado nutricional relativo ao ferro, devido ao cromo competir com o mineral para ligação com a transferrina - proteína responsável pelo transporte do ferro recém-absorvido. É válido salientar que, em média, apenas uma parcela de 30% da transferrina encontra-se carregada com ferro, uma vez que essa proteína também transporta outros íons metálicos (VICENT, 2001).

Contudo, poucos trabalhos foram realizados no intuito de verificar essa condição e não existem evidências científicas significativas de que esse fato realmente ocorra. Por outro lado, uma vez que o cromo compete com o ferro pela ligação na transferrina, verifica-se que o excesso de saturação do ferro nessa proteína - como ocorre na hemocromatose - compromete o transporte de cromo, ao mesmo tempo em que diminui a retenção de  $\text{Cr}^{3+}$  em pacientes com hemocromatose. Além disso, o cromo é transportado pela albumina, globulinas e, possivelmente, lipoproteínas, disponibilizando os sítios de ligação de transferrina para o ferro quando a demanda deste último for maior. (GOMES et al. 2005)

Outros trabalhos também apontam que a redução da gordura e o aumento da musculatura corporal como reflexos da suplementação com cromo, fato que sugere a não suplementação de bovinos em fase de acabamento com este mineral. Há obras que atestam que são necessários mais estudos quanto ao uso de  $\text{Cr}^{3+}$  como suplemento para bovinos no pasto com o intuito de tentar identificar seus benefícios para este sistema de produção (NICODEMO, 2002, apud BIZINOTO et al. 2005).

O uso do cromo é vantajoso para os produtores e proprietários rurais, mas é necessário citar algumas ressalvas quanto ao seu uso, principalmente nos animais

sujeitos ao estresse. Simonik et al. (1990) observaram que o efeito espermicida dos microminerais, tais como cromo, cobre e zinco, é aumentado à medida em que aumenta-se a dosagem. O uso de Cr para touros em reprodução, portanto, não é recomendado. Os resultados dos processos metabólicos em suínos, no entanto, dependem da forma em que o cromo é suplementado (BRITTON et al., 1968; CHANG e MOWAT, 1992; CHANG et al., 1992).

Nos últimos anos, estudos científicos têm mostrado a importância do cromo para equinos, principalmente quando há estresse emocional, físico e metabólico, resultante da intensificação das atividades esportivas, que propicia maior susceptibilidade às doenças e alterações metabólicas (PRIMIANO, 2010).

O excesso ou carência de minerais na alimentação desses animais pode desencadear danos e prejuízos sérios aos criadores. Problemas na formação dos ossos, tendões, baixo rendimento no trabalho e em sua vida reprodutiva são apenas alguns dos sinais que os produtores devem ficar atentos para evitar transtornos.

#### **2.4. A importância da suplementação com cromo**

A suplementação mineral, de maneira geral, em equinos é pouco discutida quando comparada com os bovinos. Entre os principais motivos da baixa produtividade dos animais sob pastagem estão as carências nutricionais, como a de minerais, por exemplo. Os solos brasileiros, de maneira geral, apresentam excesso ou falta de minerais, o que proporciona um desequilíbrio nutricional, que, por sua vez, acarreta na baixa produção de trabalho e desempenho de equinos. É importante salientar que problemas reprodutivos também contribuem para essa situação (ARAÚJO, 2003).

Como afirma Cintra (2005), os minerais correspondem a um grupo de nutrientes que são divididos em macro e micro elementos. Os macros elementos pertencem à estrutura do animal e são perdidos diariamente durante atividades rotineiras. Nesse campo, podemos citar elementos como Ca, P, Na, Cl, K, Mg, S. Os microelementos, por sua vez, são responsáveis pelas funções metabólicas dos animais. São eles: Fe, I, Cu, F, Mn, Mo, Zn, Co, Se, Cr, Sn, Ni, V, Si.

Nesse sentido, é importante que o responsável forneça a ração adequada à categoria a qual o animal pertence, aliando a ela a utilização de um sal mineral específico para equinos, de modo a suprir as exigências diárias do animal. Como afirma (JORDÃO et al., 2010; e PRATES et al., 2009), além de outros elementos importantes para a dieta de animais, como o Cálcio, a suplementação dietética de equinos com cromo pode prevenir a fadiga. A substância pode ser usada como agente ergogênico nutricional, pois sabemos que a rápida recuperação da FC após uma competição, por exemplo, indica que o animal está bem condicionado fisicamente para o exercício que está sendo realizado.

Cintra (1999) defende que, além do sal mineral específico para equinos, os minerais que podem ser utilizados em quantidade maior e que devem ser adicionados na suplementação dietética dos animais são os eletrólitos (Cloro, Sódio, Potássio, Cálcio e Magnésio).

A falta ou o excesso desses nutrientes podem causar diversos danos aos animais e sérios prejuízos aos criadores. A Eclampsia, por exemplo, que é caracterizada por tremores e tensões musculares em cavalos, é causada pela redução de Ca no organismo animal. Outro exemplo é a Tetânia do estresse: ela se caracteriza pela dificuldade e relutância de movimento do animal, ocorrendo após atividade física prolongada. Essa situação é resultante da perda excessiva de Ca (CINTRA, 1999).

Os sintomas dessa carência vão desde a formação óssea até o baixo rendimento no trabalho, passando pela alteração da vida reprodutiva dos animais. Como já foi dito, os sintomas se refletem na formação dos ossos, tendões, no baixo rendimento para o trabalho e na vida reprodutiva dos animais. A suplementação dietética também é imprescindível na formação do feto e para um bom desempenho fisiológico e hormonal. Os responsáveis pelos animais devem sempre suprir as exigências fisiológicas desses animais, se atentando e seguindo as orientações de profissionais como médicos veterinários e zootecnistas, além, claro, de sempre verificar a procedência e a validade dos produtos que serão consumidos pelos animais (CINTRA, 1999).

### **3. JUSTIFICATIVA**

A atuação do Cromo Trivalente, em sua forma orgânica, pode evitar a fadiga muscular e também o aumento dos níveis de cortisol no sangue, o que contribui para a diminuição do estresse físico do animal. O cavalo, que anteriormente era utilizado em tarefas relativas ao meio rural, teve sua função modificada nos últimos anos e, conseqüentemente, os parâmetros nutricionais também. Hoje, este animal é utilizado para fins atléticos, e seus proprietários precisam se valer de todos os métodos possíveis para melhorar seu desempenho. Dessa maneira, compreender a atuação do Cromo Trivalente no organismo animal pode auxiliar na obtenção de melhores resultados metabólicos e fisiológicos.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.2. Objetivo geral**

Buscar informações básicas acerca dos efeitos da inclusão do cromo orgânico na suplementação dietética de equinos da raça Quarto de Milha, com peso médio de 450kg, submetidos a exercício físico. Desse modo, o objetivo foi compreender como este elemento contribui para a melhora do desempenho dessa categoria animal em atividades atléticas.

#### **4.2. Objetivos específicos**

1. Identificar possíveis melhorias no desempenho atlético de animais;
2. Avaliar os efeitos da suplementação dietética com cromo, na forma orgânica, sobre a fração lipídica;
3. Contribuir com pesquisas científicas da área de nutrição animal.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Local do experimento**

O experimento foi instalado no Haras Hawi, município de Descalvado – SP. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Biogeoquímica da Universidade Brasil, Descalvado – SP.

### **5.2. Animais**

Foram utilizados 16 animais da raça Quarto de Milha, machos e fêmeas, peso vivo médio 450 kg e idade de 2 a 6 anos.

### **5.3. Manejo alimentar**

Diariamente, foram fornecidos 6kg de feno (4kg de Coast-Cross e 2 kg de feno de Alfafa) e 4,0 kg de concentrado divididos em duas refeições.

### **5.4. Delineamento experimental e tratamentos**

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de análise fatorial, sendo o fator A caracterizado pelo condicionamento do animal e o fator B pela suplementação ou não de Cr orgânico (5mg/animal aplicados em intervalos de 7 dias). A suplementação com cromo foi realizada por via oral, utilizando torrões de açúcar.

### **5.5. Duração experimental**

O experimento teve duração de 31 dias. Amostras de sangue e avaliações clínicas foram realizadas aos dias -3 (seleção dos animais experimentais) e 28 dias, antes, no momento e após o exercício.

## **5.6. Exercício**

Em redondel, os animais foram mantidos por 5 minutos em passo, 5 minutos em trote e 15 minutos em galope. Avaliação de frequência cardíaca foi realizada antes e após o exercício.

A frequência cardíaca (bat./min) foi obtida pela contagem dos batimentos cardíacos com a utilização de estetoscópio manual, posicionado do lado esquerdo do tórax, caudalmente à ponta do codilho, durante um minuto.

## **5.7. Amostragem e avaliações nas amostras de sangue**

Amostras de sangue foram obtidas no tempo -3 (início do experimento – período de seleção e adaptação) e, posteriormente, 28 dias após início da suplementação (tempo zero), antes do exercício e após o exercício, através de punção da jugular, obtidas após antissepsia local da veia externa jugular com agulhas descartáveis (25mm x 0,8 mm), utilizando frascos com vácuo sem anticoagulante (Vacutainer®) (DIRKSEN et al., 1993).

Após a colheita de sangue, os tubos destinados à análise de colesterol sérico foram encaminhados ao laboratório para serem efetuadas as análises.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Frequência cardíaca

Os dados clínicos de frequência cardíaca estão apresentados nas Tabelas 1. A frequência cardíaca antes do exercício não foi alterada pela suplementação de cromo, não havendo diferença significativa entre animais condicionados e não condicionados (Tabela 1). Após o exercício, os animais condicionados e suplementados com cromo orgânico apresentaram batimento cardíaco inferior aos animais não suplementados. Entres os animais não condicionados não foi observado este comportamento.

Tabela 1. Frequência cardíaca (batimento/minuto), antes e após o exercício de equinos condicionados e não condicionados, não tratados ou tratados com 5 mg/animal de Cr orgânico, via oral.

Condicionamento	Antes do exercício				Após do exercício			
	Cromo (+)		Cromo (-)		Cromo (+)		Cromo (-)	
Condicionado	32,00	aA	43,00	aA	47,00	aA	69,50	aB
Não condicionado	30,00	aA	39,00	aA	80,00	bA	79,00	bA
DMS =12,09					DMS =8,25			
CV(%)= 32,19					CV(%)= 20,69			

Letras maiúsculas comparam médias, na linha, e minúsculas, na coluna, pelo teste de Tukey  $P < (0,05)$

A determinação dos parâmetros vitais como a Frequência Cardíaca (FC) e Frequência Respiratória (FR) são bastante utilizados na avaliação física dos animais. A FC serve como forma indireta de mensuração da capacidade e função cardiovascular do animal (MARLIN & NANKERVIS, 2002). Os aumentos observados na FC podem ser atribuídos à atividade física a que os animais foram submetidos, corroborando com outros trabalhos de pesquisa (ROSE & HODGSON, 1994; TEIXEIRA & PADUA, 2002).

McKeever (1989), também relatou que o monitoramento cardíaco é um dos métodos mais confiáveis e largamente utilizados em avaliações não-invasivas das demandas fisiológicas usadas em cavalos durante uma sessão de treinamento. Medidas da FC de cavalos atletas durante o exercício têm sido usadas para descrever a intensidade do trabalho, medir o condicionamento e estudar os efeitos do treinamento (EVANS, 1994).

De acordo com Rivero et al. (1996), com o decorrer dos exercícios executados, maiores demandas de oxigênio e remoção de catabólitos fazem-se necessárias, contribuindo para o aumento da FC. O aumento da frequência cardíaca auxilia na remoção do lactato, não permitindo aumentos acentuados deste parâmetro.

A mensuração da frequência cardíaca após o exercício é utilizada em enduro. Aos 30 minutos do final de cada etapa, os cavalos que tenham FC maiores que 60-70 bpm podem apresentar distúrbios metabólicos se continuarem se exercitando (PERRONE et al., 2006)

Segundo Muñoz et al. (2005) e Gómez et al. (2004), o valor da FC após o exercício reflete a intensidade do trabalho cardiovascular, sendo o principal determinante do rendimento cardíaco, podendo ser indicador confiável para avaliar a aptidão física e o nível de treinamento que o equino apresenta ao realizar um determinado exercício. Valores altos pós esforço têm sido associados a características metabólicas de fadiga. Portanto, é evidente que, se a uma determinada velocidade, um cavalo realizar um esforço cardiovascular intenso, seu nível de forma física para aquela atividade não está bom

## **6.2. Colesterol total**

A suplementação com cromo orgânico promoveu redução nos teores de colesterol total sérico em amostras de sangue obtida antes do exercício, independente do condicionamento do animal. Após o exercício, pode-se observar que, mesmo não havendo diferença estatística entre os animais suplementados e não suplementados, houve uma tendência de redução nos níveis de colesterol total sérico nos animais tratados com 5 mg de cromo (Figura 2)

O cromo está envolvido no metabolismo lipídico e redução do risco de aterogenesis. Cobaias de laboratório, ratos e coelhos, alimentados com dieta deficiente em cromo tiveram aumento no colesterol total e concentração de gordura na aorta, mostrando aumento de formação de placa (ABRAHAM et al., 1982).

Embora os mecanismos de ação do Cr não tenham sido demonstrados bioquimicamente, a deficiência deste elemento em roedores incluem diminuição da

tolerância à glicose, menor longevidade e aumento das concentrações plasmáticas de insulina, colesterol e triacilgliceróis, o que demonstra que o Cr além de estar ligado ao metabolismo dos carboidratos, interfere no metabolismo lipídico e protéico simultaneamente (NRC, 1997).

Tabela 2. Colesterol total (mg/dL), antes e após o exercício de equinos condicionados e não condicionados, não tratados, ou tratados com 5 mg/animal de Cr orgânico, via oral.

Condicionamento	Antes do exercício				Após do exercício			
	Cromo (+)		Cromo (-)		Cromo (+)		Cromo (-)	
Condicionado	81,45	aB	101,24	aA	91,25	aA	105,87	aA
Não condicionado	83,45	aB	105,50	aA	92,56	aA	115,46	aA
DMS= 14,56					DMS= 16,63			
CV(%)= 21,43					CV(%)= 24,21			

Letras maiúsculas comparam médias, na linha, e minúsculas, na coluna, pelo teste de Tukey  $P < (0,05)$

Uyanik et al. (2008), relataram que em cavalos da raça quarto de milha, a suplementação diária de 200 e 400 $\mu$ g de picolinato de cromo não influenciaram os níveis séricos de HDL e LDH; no entanto, ambas as doses reduziram levemente o colesterol total.

## **7. CONCLUSÕES**

A suplementação dietética de equinos com cromo orgânico pode prevenir a fadiga e ser usada como agente ergogênico nutricional, pois é conhecido que a rápida recuperação da frequência cardíaca após uma competição é um indicativo de que o animal está bem condicionado para o exercício realizado. Benefícios positivos da suplementação na redução do colesterol sérico devem ser observados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, A.S.; SONNENBLICK, M.; EINI, M. The action of chromium on serum lipids and on atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. *Atherosclerosis*, v.42, n., p.185–195, 1982.

ARAÚJO, K. V. Avaliação prática de suplemento mineral-vitamínico para equinos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003. Disponível em: <<http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-56.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2016.

BIZINOTO, A. L.; BENEDETTI, E.; BORGES, L. F. C.; FAVERO, B. F.; AGUIAR, A. P. A.; DRUMOND, L. C. D. Efeitos da suplementação com cromo orgânico e do sombreamento sobre o desempenho de bovinos Nelore criados a pasto durante o período de maio a novembro. *FAZU em Revista*, Uberaba, n.2, p.226-236, 2005. Disponível em: <<http://www.fazu.br/ojs/index.php/fazuemrevista/article/view/158/152>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

BRITTON, R. A.; McLAREN, G. A.; JETT, D. A. *Journal of Animal Science*, v. 27, p. 1510, 1968.

CHANG, X.; MOWAT, D. N.; SPIERS, G. A. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 72, n. 3, p. 663-69, 1992.

CHANG, X.; MOWAT, D.N.; SPIERS, G.A. Carcass characteristics and tissue-mineral contents of steers fed supplemental chromium. *Can J Anim Sci*, Ottawa, v.72, p.663-669, 1992.

CHANG, X; MOWAT, D. N. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 2, p. 559-65, 1992.

CINTRA, A. G. **Alimentação de equinos**. O Portal do Cavalo Crioulo, 2005. Disponível em: <<http://www.cavaloscioulos.com.br/materias.php?idm=12%3E>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

CINTRA, A. G. **Nutrição do cavalo atleta**. 1999. Disponível em: <<http://www.cavalosdesalto.com.br/nutricao.html>>. Acesso em: 14 set. 2016.

DUREN, S. Feeding the endurance horse. Kentucky equine Research, Inc. p.351-363, 2000.

EGAN, H.; KIRK, R.S.; SAWYER, R. Pearson's chemical analysis of foods. 8.ed. London: Churchill Livingstone, 1981. 591p.

EVANS, D.; ROSE, R. J. Cardiovascular and respiratory responses in thoroughbred horses during treadmill exercise. **J. Exp. Biol.**, v. 134, p. 397-408, 1988.

EVANS, D.L. The cardiovascular system: anatomy, physiology and adaptations to exercise and training. In: \_\_\_\_\_. *The Athletic Horse*. 7.ed. Philadelphia: 1994. p. 129-144.

FRENCH, R.J.; JONES P.J.H. "Role of vanadium in nutrition: metabolism, essentiality and dietary considerations", *Life Sci.*, Vol. 52, (1993), pp. 339–346.

GEOR, R.J.; McCUTCHEON, L.J.; HINCHCLIFF, K.W.; SAMS, R.A. Training-induced alterations in glucose metabolism during moderate-intensity exercise. *Equine Exercise Physiology* 6, v.34, p.22-28, 2002.

GOMES, M. R.; ROGERO, M. M.; TIRAPEGUI, J. **Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico**. *Rev. Bras. Med. Esporte*, vol. 11, n. 5 – Set/Out, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v11n5/27585.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2016.

GÓMEZ, C.; PETRON, P.; ANDAUR, M.; PÉREZ, R.; MATAMOROS, R. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto Holsteiner. *Revista Científica*, v. 14, n. 3, p. 244-253, 2004.

GRACE, N. D.; CALRK, R. G. Trace element requirements, diagnosis and prevention of deficiencies in sheep and cattle. In: TSUDA T., SASAKI Y., KAWASHIMA R. *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*, 1991. p. 321-346.

GRAFF, D.W., CASCIO, W.E., BRACKHAN, J.A., DEVLIN, R.B. Metal Particulate Matter Components Affect Gene Expression and Beat

GURSOY, U. Chromium in broiler diets. *Feed Int.*, March, p.24-26, 2000.

HARTMAN, L.; LAGO, B.C. A rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, v.22, p.475-477, 1973.

HAYIRLI, A. et al. Effects of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.84, p.1218-1230, 2001.

HERTZ, Y.; MADAR, Z.; HEPHER, B.; GERTLER, A. **Glucose metabolism in the common carp (*Cyprinus carpio*): the effects of cobalt and chromium**. *Aquaculture*, 76: 255-267, 1989.

HOFFMAN, R. M.; HESS, T. M.; WILLIAMS, C. A.; KRONFELD D. S.; GRIEWECRANDELL, K. M.; WALDRON, J. E.; GRAHAM-THIERS, P. M.; GAY, L. S.; SPLAN, R. K.; SAKER, K. E.; HARRIS, P. A. Speed associated with plasma pH, oxygen content, total protein and urea in 80 km race. *Equine Exercise Physiology* 6. **Equine Vet. J.** New Market, 34, Suppl., p. 39-43, 2002.

HOLLAND, B., WELCH A. A., UNWIN, I. D., BUSS, D. H., PAUL, A. A., SOUTHGATE, D. A. T. 1986. McCance and Widdowson's. The Composition of Foods. Cambridge, UK, p. 8-9.

Hyypä S. 2005. Endocrinal responses in exercising horses. *Livest. Prod. Sci.* 92:113-121.

JACKSON, J. A.; TRAMMELL, D. S. Effect of varying dietary chromium supplementation on growth and humoral patterns of growing calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, supl.1, p. 325, 1998.

JORDÃO, L. R.; REZENDE, A. S. C.; AQUINO NETO, H. M. **Suplementação dietética com cromo trivalente em equinos: Revisão de Literatura**. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.4, n.4, p. 210-214, 2010.

KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; BROWN JR, T.T. Immune response and disease resistance of calves fed chromium nicotinic acid complex or chromium chloride. *Can J Dairy Sci*, Ottawa, v.79, p.1278-1283, 1996.

KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; EISEMANN, J.H. Performance and glucose metabolism in calves fed a chromium nicotinic acid complex or chromium chloride. **Journal Dairy Science**. v.80, p.1744-1750, 1997.

KIERSZTAN A. "Insulinopodobne dzia łanie zwi azk ´ow wanadu", *Post. Biochem.*, Vol. 44, (1998), pp. 275–282 (in Polish).

KINGSTON, J. K. Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANEPS, A. J.; GEOR, R. J. (Ed.) **Equine sports medicine and surgery**. Basic and clinical Sciences of the equine athlete. Saunders Co., p. 939-948, 2004.

KITCHALONG, L.; FERNANDEZ, J.M.; BURTING, L.L. Influence of chromium tripicolinate on glucose metabolism and nutrient partitioning in growing lamb. *J Anim Sci*, Champaign, v.73, p.2694-2705, 1995.

KRÓLICZEWSKA, B.; ZAWADZKI, W.; SKIBA, T.; MISTA, D. Effects of chromium supplementation on chicken broiler growth and carcass characteristics. *Acta Veterinaria Brunensis*, v.74, p. 543-549, 2005.

LAPENNA, D.; CIOFANI, G.; BRUNO, C.; PIERDOMENICO, S.D.; GIULIANI L.; GIAMBERARDINO M.A.; CUCCURULLO, F.: "Vanadyl as catalyst of human lipoprotein oxidation", *Biochem. Pharmacol.*, Vol. 63, (2002), pp. 375–380.

LENNIE, J.; SAMSELL, M. S.; SPEARS, J. W. Chromium supplementation effects on blood constituents in lambs fed high or low fiber diets. *Nutr Res*, Tarrytown, v.9, p. 889-899, 1989.

LINDEMAN, M.D.; WOOD, C.M. HARPER, A. F.; KORNEGAY, E.T.; ANDERSON, R.A. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *Journal Animal Science*, v.73, p.457-465, 1995.

MAIA, E. L., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., FRANCO, M. R. B. Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *J. Food Com. Anal.*, v. 7, p. 240-251, 1994.

MAIA, E. L., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., HOTTA, L. K. Fatty acid composition of the total, neutral and phospholipids of pond-raised Brazilian *Piaractus mesopotamicus*. *Int. J. Food Sci. Tech.*, v. 30, p. 591-597, 1995.

MARLIN, D.; NANKERVIS, K. *Equine exercise physiology*. Oxford: Blackwell Science. 2002. 296 p.

MATHINSON, G. W.; ENGSTROM, D. F. Chromium and protein supplements for growing-finishing beef steers fed barley-based diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.75, p.549-558, 1995.

McKEEVER, K. H. The endocrine system and the challenge of exercise. **Vet. Clin.North Am.**: *Equine Pract.*, Orlando, v. 18, p. 321-353, 2002.

McKEEVER, K. Using your equine heart rate meter. *Dressage and CT*, abril, 1989. p. 31-34.

MELLO C. A. O que há de novo na mineralização. *Leite Brasil*, São Paulo, v.1 , n.6, p.8-14, 1998.

MERTZ, W.; ROGINSKI, E. E. **Effect of chromium III supplementation on growth and survival under stress in rats feed low-protein diets**. *Journal of Nutrition*, 97:531-536, 1969.

METCALFE, L. D., SCHMITZ, A. A., PELKA, J. R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*,v. 12, p.514-515, 1966.

MOONSIE-SHAGEER, S.; MOWAT, D. N. Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents and immune status of stressed feeder calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.232-238, 1993.

MOSKALYK, R.R.; ALFANTAZI A.M. "Processing of vanadium: a review", *Miner. Engineer.*, Vol. 16, (2003), pp. 793–805.

MOTOZONO, Y. et al. Effects of dietary chromium picolinate on growth, carcass quality and serum lipids of female broilers. *Animal Science and Techonology (Jpn)*, v. 69, p. 659-665, 1998.

MOWAT, D. N. **Organic Chromium in Animal Nutrition**. Chromium Books, Guelph, Ontario, 1997.

MOWAT, D. N. **Organic chromium**, Chromium Books, 258p., 1997.

MUÑOZ, A.J.; HERNANDEZ, A.; GOMEZ LUCAS, M. B. Estimación del estado de forma física en caballos de deporte mediante índices de funcionalidad. *Revista Científica*, v.15, n.3, p. 217-226, 2005.

MUÑOZ, R.; SANTISTEBAN, M.D.; RUBIO, C.; RIBER, C.; AGÜERA, E.I.; CASTEJÓN, F.M. Relationship between slope of the plasma lactate accumulation curve and working capacity in andalusian horses. *Acta Veterinary Brno*, v.68, p.41-50, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. **The role of chromium in animal nutrition**, National Academy Press, 1997. 80 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. **The role of chromium in animal nutrition**, National Academy Press, 1997. 80 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6.ed. Washington: Nacional Academy Press, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6.ed. Washington: Nacional Academy Press, 1988.

NIELSEN, F.H.; UTHUS, E.O. "The essentiality and metabolism of vanadium", In:N.D. Chasteen (Ed.): *Vanadium in Biological Systems*, Kluwer Academic Publishers.Dordrecht, The Netherlands, 1990, pp. 51–62.

PERRONE, G.M., CAVIGLIA, J.F., GIMÉNEZ, R.; CHIAPPE, A.; GONZALEZ, G. Análisis de parámetros fisiológicos post competencia en diferentes deportes hípicas (saltos variados, pato, trote), 2003. Disponível em: . Acessado em: 3 dez. 2006.

PERSSON, S. G. B.; BERGSTEN, G. Circulatory effects of splenectomy in the horse. **Zentralbl. Veterinarmed.** v. 20, p. 456-467, 1973.

PRIMIANO, F. M. **Manejo e nutrição do cavalo atleta**. Revista PETFOOD, 2010.

RADIKE, M.; WARSHAWSKY D.; CARUSO J.; GOTH-GOLDSTEIN R.; REILMAN R.; COLLINS T.; YAEGER M.; WANG, J.; VELA, N.; OLSEN, L; SCHNEIDER J. "Distribution and accumulation of mixture of arsenic, cadmium, chromium, nickel and vanadium in mouse small intestine, kidneys, pancreas and femur following oral administration in water or feed", *J. Toxicol. Environ. Health Am.*, Vol. 13, (2002), pp. 2029–2059.

RIIS, P.M. (1983) *Dynamic Biochemistry of Animal Production* . New York: Ed. Elsevier.

RIVERO, J.L.; SERRANO, P.H.; AGUERA, E. Muscle fiber type composition and fiber size in successfully and unsuccessfully endurance-race horses. *Journal of Applied Physiology*, v.75, p.1758-1766, 1993.

ROJAS, E. HERRERA, L.A. POIRIER, L.A.; OSTROSKY-WEGMAN P. "Are metals dietary carcinogens?", *Mutat. Res.*, Vol. 443, (1999), pp. 157–181.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. Hematology and biochemistry In: \_\_\_\_\_ Saunders Co (Eds), **The athletic horse**, Philadelphia, 1994, p. 63-78.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R.; SAMPSON, D. CHAN, W. Changes in plasma biochemistry in horses in a 160 km endurance ride. **Aus. Vet. J.**, v. 60, p. 101, 1983.

ROSE, R.J.; HODGSON, D.R. Clinical exercise testing. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. (Eds.). *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine*. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 231-243.

RUBIO, D.; RIBER, C.; SANTISTEBAN, R. et al. Hematologic alterations as an index of exercise tolerance in different breeds of horses. **Equine Athlete**, Santa Barbara, v. 7, p. 10-12, 1994.

S. L. HANSARD, II, C. B. AMMERMAN AND P. R. HENRY Vanadium Metabolism in Sheep. II. Effect of Dietary Vanadium on Performance, Vanadium Excretion and Bone Deposition in Sheep. *J Anim Sci* 1982. 55:350-356.

SANCHEZ, W. K.; McGUIRE, M. A.; BEED, D. K. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *J Dairy Sci*, Champaign, v.77, p.2051-2079, 1994.

SHAH, B. G.; Chelating agents and bioavailability of minerals. *Nutr Res* , Tarrytown, v.1, n.6, p.617-622, 1981.

SILVA SOBRINHO, A.G. (2001). *Criação de ovinos*. 2.ed. Jaboticabal:FUNEP, 302p.

SIMONIK, I.; PAVELKA, J.; KUDLAC, E. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 25, n. 5, p. 242-46, 1990. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/nutricao/suplementacao-de-cromo-cr-para-bovinos-4792/>>. Acesso em: 28 ago, 2016.

STELL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and Procedures of Statistics*. New York: McGraw-Hill, 1980, 481p.

TEIXEIRA, P.P.; PADUA, J.T. Avaliação dos níveis de cortisol, tiroxina, triiodotironina e glicose como indicativos de estresse em cavalos Puro Sangue Inglês de corrida, antes e após a competição. *Ciência Animal Brasileira*, v. 3, n.1, p. 39-48, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), 1995. EPA/832-B-93-005. Fed reg. 143p.

UYANIK, F.; GÜÇLÜ, B.K., BEKYÜREK, T.; ÜN, M., ABAY, M., CANOOĞLU, E. The effect of chromium supplementation on body weight, serum glucose, proteins, lipids, minerals and ovarian follicular activity in working horses. *Journal of Animal and Veterinary Advances* v.7, (6): 771-776, 2008.

YANG. X.G., WANG. K., LU, J. CRANS, D.C. “Membrane transport of vanadium compounds and interaction with the erythrocyte membrane”, *Coordin. Chem. Rev.*, Vol. 273, (2003), pp. 103–111.

YILDIZ, A.O., PARLAT, S.S., YAZGAN, O. The effects of organic chromium supplementation on production traits and some serum parameters of laying quails. *Revue Méd. Vét.*, v. 155, n.12, p.642-646, 2004.

ZANETTI, M. A. et al. Desempenho e resposta metabólica de bezerros recebendo dieta suplementada com cromo. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 37., 2000, Viçosa.