



DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE Pb, Cd e Cr  
EM RAÇÕES E SUPLEMENTOS MINERAIS PARA  
BOVINOS PRODUZIDOS NO ESTADO DE MATO  
GROSSO, BRASIL

**KEYLA DOS SANTOS SIGARINI**

**CUIABÁ - MT**  
**ABRIL DE 2016**

**KEYLA DOS SANTOS SIGARINI**

Orientadora: Dra. Adriana Paiva de Oliveira

Coorientador: Dr. Ricardo Dalla Villa

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE Pb, Cd e Cr EM RAÇÕES E  
SUPLEMENTOS MINERAIS PARA BOVINOS PRODUZIDOS NO ESTADO DE  
MATO GROSSO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos e linha de pesquisa em Qualidade de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

CUIABÁ - MT

2016

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus  
Cuiabá Bela Vista

Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

S574d

Sigarini, Keyla dos Santos.

Determinação da concentração de Pb. Cd e Cr em rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil./ Keyla dos Santos Sigarini.\_ Cuiabá, 2016.  
59f.

Orientador(a): Prof. Dra. Adriana Paiva de Oliveira  
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Dalla Villa

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos).  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. metais tóxicos – Dissertação. 2. saúde pública – Dissertação. 3. gado - Dissertação. 4. alimentação – Dissertação. I. Oliveira, Adriana Paiva de. II. Villa, Ricardo Dalla. III. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA

CDU 613.28  
CDD 664

**KEYLA DOS SANTOS SIGARINI**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE Pb, Cd e Cr EM RAÇÕES E SUPLEMENTOS MINERAIS PARA BOVINOS PRODUZIDOS NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos e linha de pesquisa em Qualidade de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Data da Aprovação: 01 de abril de 2016

Examinadora externa – Profa. Dra. Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores (UFMT-Campus Cuiabá)

Examinadora interna – Profa. Dra. Erika Cristina Rodrigues (IFMT, Campus Cuiabá - Bela Vista)

Examinadora suplente – Profa. Dra. Loyse Tussolini (UFMT, Campus Médio Araguaia)

**ATESTADO**

Atesto terem sido feitas as correções sugeridas pela Comissão Examinadora.

---

Orientadora: Dra. Adriana Paiva de Oliveira  
Coorientador: Dr. Ricardo Dalla Villa

**CUIABÁ - MT**  
**2016**

## DEDICATÓRIA

*A Deus pai, todo  
Poderoso, criador do céu e da terra.*

*Aos meus pais Juarez e Rosangela,  
às minhas irmãs Kely e Kelviany, sobrinho Vinicius e ao meu  
querido noivo, Alexandre, que sempre estiveram do meu lado.*

*À minha orientadora, Adriana, pela dedicação, paciência e carinho.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente a Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades e por colocar em meu caminho amigos preciosos.*

*À minha orientadora Profa. Dra. Adriana Paiva de Oliveira, uma pessoa gentil, alegre, competente e responsável, qualidades que prenunciam a ótima profissional que é, um agradecimento carinhoso de forma profissional e materna, pela confiança, disponibilidade, compreensão, incentivo, conselhos, apoio e paciência durante toda esta fase do mestrado.*

*Ao Prof. Dr. Ricardo Dalla Villa, pela disponibilização do Laboratório de Análise de Contaminantes Inorgânicos do Dep. Química da UFMT e pelas orientações e sugestões que colaboraram para realização deste trabalho.*

*Aos meus pais, Juarez Rodrigues Sigarini e Rosangela dos Santos Sigarini, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase e durante toda minha vida.*

*Às minhas irmãs Kely dos Santos Sigarini e Kelviany Cristina dos Santos Sigarini e meu sobrinho Vinicius Eduardo Sigarini Pereira, pela ajuda e compreensão.*

*Ao meu noivo, Alexandre, pela dedicação, compreensão e pela presença constante durante toda essa fase, me ouvindo e me ajudando a buscar soluções em situações adversas.*

*A todos os meus colegas, em especial, Francisca Pedro, Daiane Martins, Gysellen Ferreira, Kamila Oliveira, Any-Kely Dutra, José Carlos Oliveira, Myrian Novaes, Bárbara Martinez, Gevanil Arruda, Daniele Barbosa, Larissa Taura, Camila Kauany, Elita Preza, Daniela Rodrigues que contribuíram muito e se tornaram grandes amigos.*

*Aos meus colegas de mestrado, Daiane, Elaine, Débora, Leandro, Samira, Aline, Marcell, Patrícia e João pela convivência, experiências e descontrações (mestrandonhos puro bom).*

*Aos professores Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de Faria, José Masson, Loyse Tussolini, Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores e Erika Cristina Rodrigues que prontamente aceitaram participar da banca examinadora de qualificação e de defesa.*

*Obrigada!*

## RESUMO

Sigarini, Keyla dos Santos. Determinação da concentração de Pb, Cd e Cr em rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no estado de Mato Grosso, Brasil. Dissertação (Mestrado). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá – Bela Vista, 2016. 59p.

O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de Cd, Pb e Cr em rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil. As amostras foram coletadas de três diferentes lotes de nove amostras de suplementos minerais e de onze amostras de rações mineralizadas. Em seguida foram trituradas, homogeneizadas, secas em estufa a 60 °C e digeridas por decomposição por via úmida. A quantificação dos analitos foi feita por espectrometria de absorção atômica em chama. Os parâmetros instrumentais avaliados por meio das curvas analíticas foram: coeficientes de correlação linear, precisão e limites de detecção e quantificação instrumentais. A fim de avaliar a precisão e exatidão do método foram feitos testes de adição e recuperação em um nível de fortificação para três diferentes tipos de amostras. Os resultados obtidos foram comparados com as legislações internacionais sobre nutrição animal da *National Research Council* e União Europeia. Para verificar a existência de diferenças significativas entre as concentrações dos analitos nas diferentes amostras foram feitos a Análise de Variância e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os coeficientes de correlação linear foram maiores que 0,99 e, os limites de detecção e quantificação instrumentais variaram entre 0,18 e 0,64 mg kg<sup>-1</sup> e 0,54 e 1,93 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As porcentagens de recuperação variaram de 72 a 113%, com desvios padrões relativos menores do que 11%. Todas as amostras apresentaram concentrações de Cr abaixo do valor máximo permitido pela legislação internacional. Para o Cd, 100% das amostras de suplementos minerais e 60% das rações minerais apresentaram teores médios acima dos limites máximos estabelecidos. Para o Pb, apenas duas amostras de suplementos minerais apresentaram teores acima do estabelecido pelo *National Research Council*. Entretanto, em relação ao valor recomendado pela União Europeia, 100% das amostras de suplementos minerais e 90% das rações minerais apresentaram teor de Pb acima do limite permitido. Diferenças significativas foram verificadas nas concentrações dos analitos nas amostras de rações mineralizadas ( $p < 0,05$ ), o que pode ser atribuído à heterogeneidade das amostras e aos diferentes níveis de adição de fósforo neste tipo de alimento que variam de acordo com a exigência nutricional do animal.

Palavras chave: metais tóxicos, saúde pública, gado, alimentação

## ABSTRACT

The aim of this work was to determine the Cd, Pb and Cr concentration in mineral cattle feeds and supplements produced in the Mato Grosso State, Brazil. For this, were collected three different lots of nine mineral cattle supplements and eleven mineral feeds. Initially, the samples were triturated, homogenized and dried at 60 ° C. Then, the samples were digested by wet decomposition and quantification of the analytes was made by flame atomic absorption spectrometry. The instrumental parameters evaluated by means of analytical curves were: linear correlation coefficient, instrumental limit of detection and quantification and instrumental precision. In order to assess the precision and accuracy of the method were made addition and recovery tests in one fortification level for three different types of samples. The results were compared with the international legislations of the National Research Council and the European Union on animal nutrition. For check the existence of significant differences between the analytes concentrations and samples were made to ANOVA and Tukey's test ( $p = 0.05$ ). The linear correlation coefficients were higher than 0.99, and the instrumental limits of detection and quantification of the varied from 0.18 to 0.64 mg L<sup>-1</sup> and the 0.54 to 1.94 mg L<sup>-1</sup>, respectively. The recovery percentages varied from 72 - 113%, with relative standard deviations less than 11%. The Cr concentrations measured in all samples presented values below the maximum allowed by international law. For Cd, 100% of the samples of mineral supplements samples and 60% of mineral feeds samples showed mean levels above the established limits. For Pb, only two samples of mineral supplements samples showed levels above the established National Research Council. However, in relation to the value recommended by the European Union, 100% of the samples of mineral supplements and 90% of mineral feed showed Pb content above the allowed limit. Significant differences were observed between the concentrations of analytes and samples of mineral feed ( $p < 0.05$ ), which may be attributed to sample heterogeneity and different addition levels of phosphorus in this type of food that may differ according the nutritional requirements of the animal.

Keywords: toxic metals, public health, cattle, feeding.



**LISTA DE FIGURAS****CAPÍTULO 1**

Figura 1. Crescimento do efetivo de bovinos no Brasil e na Índia nos anos de 2011 a 2016 (P= Previsão em outubro de 2016). Fonte: USDA, 2015..... 16

Figura 2. Uso e ocupação do solo no Estado de Mato Grosso. Fonte: IMEA, 2014. ... 17

**CAPÍTULO 2**

Figura 1. Relação do teor de fósforo rotulado nas amostras com a concentração do contaminante determinado. .... 49

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO 2**

Tabela 1. Condições instrumentais.....	41
Tabela 2. Níveis de fortificação dos analitos utilizados no teste de adição e recuperação.....	44
Tabela 3. Parâmetros instrumentais. ....	45
Tabela 4. Porcentagem de recuperação de cádmio, chumbo e cromo em mg.kg <sup>-1</sup> (valor médio ± desvio padrão relativo %). ....	45
Tabela 5. Concentração de Cd, Pb e Cr nas amostras de suplementos e rações mineralizadas para bovinos de corte e de leite produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil (valor médio em mg kg <sup>-1</sup> ± DP, <i>n</i> =3).....	47

**LISTA DE ABREVIATÖES**

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMEA	Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
LDI	Limite de Detecção Instrumental
LQI	Limite de Quantificação Instrumental
NMT	Nível Máximo Tolerável
NRC	National Research Council
RMBC	Ração Mineralizada para Bovino de Corte
RMBL	Ração Mineralizada para Bovino de Leite
SMBC	Suplemento Mineralizado para Bovino de Corte
SMBL	Suplemento Mineralizado para Bovino de Leite
USDA	United States Department of Agriculture
%DPR	Desvio Padrão Relativo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>	
<b>1 Introdução</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>15</b>
2.1 Rebanho bovino de corte e leiteiro no Brasil e em Mato Grosso	15
2.2 Rações e suplementos minerais para bovinos no Brasil	18
2.3 Efeitos dos metais potencialmente tóxicos na saúde humana e de bovinos	21
2.4 Metais potencialmente tóxicos em rações e suplementos minerais para bovinos	25
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>35</b>
<b>DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE Pb, Cd e Cr EM RAÇÕES E SUPLEMENTOS MINERAIS PARA BOVINOS PRODUZIDOS NO ESTADO DE MATO GROSSO, BRASIL</b>	<b>36</b>
<b>RESUMO</b>	<b>37</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>38</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>39</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>40</b>
2.1 Instrumentação	40
2.2 Reagentes, soluções e amostras	41
2.3 Procedimento de preparo de amostras	42
2.4 Parâmetros instrumentais, testes de adição e recuperação e quantificação dos analitos nas amostras	43
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>44</b>
3.1 Parâmetros instrumentais e testes de adição e recuperação	44
3.2 Determinação de Cd, Pb e Cr em amostras de rações e suplementos minerais bovinos	46
<b>4 CONCLUSÃO</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>53</b>

## **CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## 1 Introdução

A pecuária bovina brasileira é a atividade que ocupa a maior extensão de área no Brasil e é considerada um dos setores mais importantes do agronegócio brasileiro, destacando-se mundialmente frente à produção agrícola, ocupando o segundo lugar no *ranking* de produção e exportação de carne e quinto lugar na produção de leite (USDA, 2015).

Em termos estaduais Mato Grosso contribui significativamente para a posição do país frente ao mercado mundial de produção de bovinos, detendo 13,4% do total do rebanho bovino brasileiro, destacando-se como o maior na bovinocultura de corte e em oitavo lugar na produção de leite (IBGE, 2013).

O expressivo crescimento do rebanho bovino, da exportação de carne e da produção de leite no Brasil faz com que as exigências pela garantia da sanidade animal sejam maiores bem como a garantia da inocuidade dos produtos e subprodutos oriundos destes rebanhos. Segundo Gonçalves (2007), grande parte dos consumidores tem exigido alimentos livres de resíduos, com segurança sanitária, preservando o bem-estar e saúde, do animal e do homem.

A segurança alimentar é essencial, não só para os produtos oriundos do rebanho bovino, como a carne, leite e derivados, mas também em relação à qualidade da alimentação oferecida ao animal.

O principal sistema de manejo de gado no Brasil e no Estado de Mato Grosso é a pastagem, sendo esta a forma mais prática e econômica de alimentação de bovinos, sendo afetadas por fatores como a manutenção da produção da forrageira e os efeitos climáticos, promovendo a estacionalidade durante o ano, ou seja, na época das chuvas há maior quantidade de forragem e na seca um grande déficit, contribuindo para a baixa produtividade do rebanho, havendo além disto, a deficiência de fósforo em bovinos criados exclusivamente a pasto (MORAES, 2012).

De acordo com Lopes (2001), o fósforo se destaca entre os nutrientes minerais de maior importância pelas funções desempenhadas no organismo animal e, por esta razão os pecuaristas suplementam a alimentação de seus animais por meio de rações e suplementos mineralizados.

Todavia nem sempre as matérias primas utilizadas na composição dessas formulações minerais são de boa qualidade, podendo ser tóxicas e causar prejuízos à

saúde dos animais (GONÇALVES, 2007). Isso se deve ao fato de que no ano de 2000 o governo brasileiro por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento através da Portaria SDR nº. 20 de 06/07/1997, liberou o uso de fontes alternativas de fósforo, excluindo da mesma, artigos restritivos à utilização de fosfato supertríplo, fosfato monoamônio e as rochas fosfáticas (BRASIL, 2000).

A principal fonte de fósforo utilizada na formulação de suplementos e rações mineralizadas é o fosfato bicálcico, considerado de excelente qualidade e principal responsável pelo elevado custo do produto final (LOPES, 1998). Porém, após a publicação da Portaria SDR nº 20 de 06/07/1997, as indústrias produtoras foram liberadas para utilizar matérias primas de menor preço, podendo ter baixa disponibilidade de fósforo e ricas em impurezas, como os metais potencialmente tóxicos cádmio, chumbo e cromo (GONÇALVES et al., 2010).

A intoxicação de bovinos por estes elementos tóxicos pode causar importantes alterações clínicas, principalmente reprodutivas, inclusive o aborto, além de acumular-se no organismo destes animais e, conseqüentemente, atingir o homem pelo consumo de carne e leite contaminados, o que representa riscos à saúde pública (MARÇAL et al., 2003b).

Dessa forma os bovinos, por serem animais pouco seletivos em relação à alimentação, estão expostos à contaminação química por metais potencialmente tóxicos por meio da ingestão de alimentos como rações e suplementos minerais de baixa qualidade, o ser humano através da cadeia alimentar, conseqüentemente, também está exposto a este tipo de contaminação que pode causar intoxicação a médio e longo prazo, com lesões irreversíveis no organismo (GONÇALVES, 2007).

Frente ao exposto, a determinação da concentração de metais potencialmente tóxicos em suplementos e rações mineralizadas para bovinos visando ao controle de qualidade da alimentação animal consumida pelo rebanho bovino mato-grossense, é de suma importância em termos econômicos para os produtores de carne, leite e derivados e, para saúde dos consumidores finais destes produtos.

Nesse contexto, considerando os aspectos citados anteriormente fica demonstrada a relevância do presente trabalho que tem como objetivo determinar a concentração dos metais potencialmente tóxicos, cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr), em rações e suplementos mineralizados para bovinos produzidos no Estado de Mato Grosso. O tema será tratado em dois capítulos; 1 e 2 da presente dissertação. O

Capítulo 1 aborda as considerações gerais sobre o assunto e, o Capítulo 2 apresenta o artigo intitulado “Determinação da concentração de Pb, Cd e Cr em rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil” que foi redigido conforme as normas do periódico científico internacional *Animal Feed and Technology*, ao qual o artigo foi submetido para publicação.

## **2 Revisão de literatura**

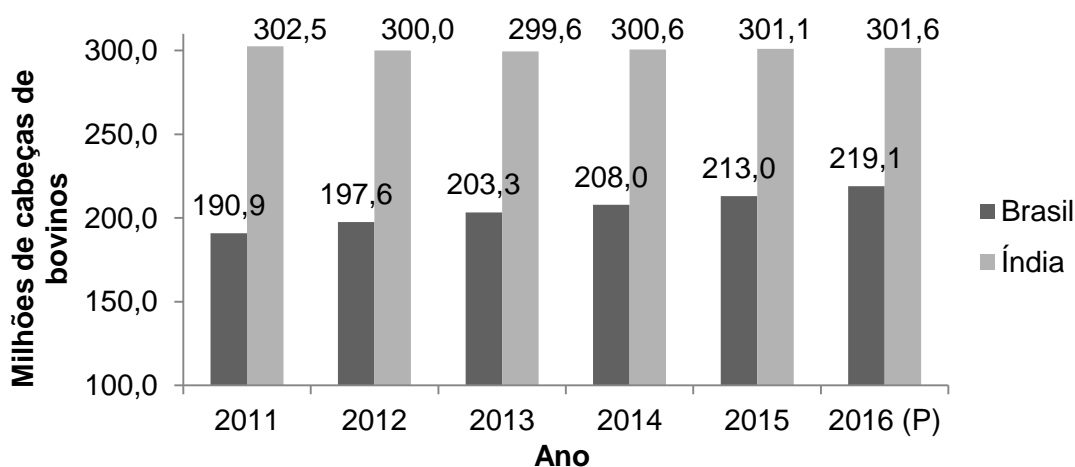
### **2.1 Rebanho bovino de corte e leiteiro no Brasil e em Mato Grosso**

O Brasil possui um território de 8,5 milhões de km<sup>2</sup> de extensão, sendo o quinto maior país do mundo, ficando atrás apenas da Rússia, Canadá, Estados Unidos e China (HOFFMANN et al., 2014). Cerca de 1,74 milhões de km<sup>2</sup> dessa área são ocupados por pastagens com características propícias para o desenvolvimento da pecuária de exploração extensiva (ABIEC, 2014). Segundo Hoffmann et al. (2014), esta imensidão territorial e as condições climáticas posicionam o Brasil frente à pecuária bovina, como o maior produtor comercial, tornando este setor de grande importância no cenário mundial.

Dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015), mostram que o Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo estimado em 213,035 milhões, perdendo apenas para a Índia, com um rebanho de 301,1 milhões.

A cadeia produtiva brasileira de bovinos apresentou um expressivo crescimento nos últimos anos (Figura 1) saindo de 190,9 milhões de cabeças no ano de 2011 e previsão de 219,1 milhões de cabeças para o ano de 2016, enquanto que a Índia apresentou uma estagnação de 302,2 milhões no ano de 2011, com previsão de 301,6 milhões de cabeças em 2016 (IBGE, 2009; USDA, 2015).





**Figura 1.** Crescimento do efetivo de bovinos no Brasil e na Índia nos anos de 2011 a 2016 (P= Previsão em outubro de 2016). Fonte: USDA, 2015.

O Brasil ocupa também posição de destaque na produção de carne bovina, com um total de 9,7 milhões de toneladas, mantendo-se em segundo lugar no *ranking* mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (USDA, 2015). Deste total de produção, cerca de 7,9 milhões de toneladas foi destinada ao mercado interno, no ano de 2014 (USDA, 2015). De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2014), a bovinocultura de corte gerou um faturamento de R\$ 67,1 bilhões no ano de 2014. Além disso, o Brasil encontra-se entre os maiores exportadores mundiais de carne bovina, sendo o segundo maior, com aproximadamente 1,8 milhões de toneladas vendidas (USDA, 2015).

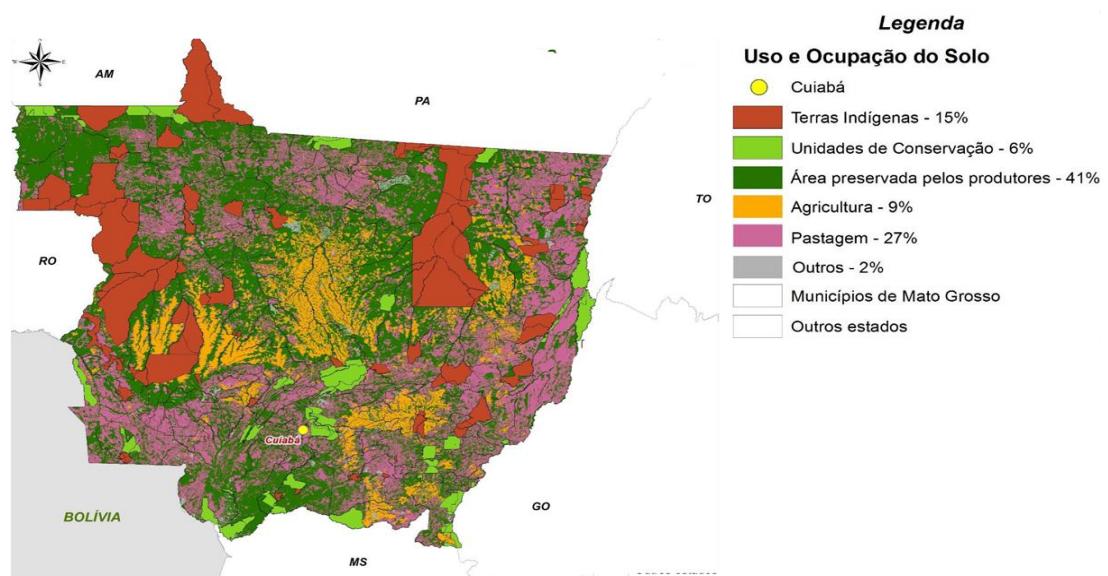
Oliveira et al. (2014) relataram que a vantagem do Brasil frente ao mercado mundial de exportação de carne, deve-se ao fato de o gado ser criado exclusivamente sob pastagem, resultando na oferta de uma carne mais macia se comparado com o criado em confinamento.

Em relação ao rebanho leiteiro, mundialmente, o Brasil ocupa a quinta posição na produção de leite, com um total de 34,2 bilhões de litros produzidos no ano de 2013, ficando atrás da União Europeia, Estados Unidos, Índia e China, e, deste total de leite produzido, 68,8% é industrializado (IBGE, 2013). A produção de leite gerou para o Brasil um valor bruto de mais de R\$ 27 bilhões no ano de 2013, movimentando assim a economia de pequenas e médias cidades brasileiras (BRASIL, 2015; BRASIL, 2014).

Dados da Produção da Pecuária Municipal (IBGE, 2013), apontam que o consumo doméstico brasileiro de leite foi o segundo maior do mundo, no ano de 2013, perdendo apenas para os Estados Unidos e relatam que do total estimado do rebanho bovino brasileiro, 10,8% corresponderam a vacas ordenhadas durante o ano de 2013 (IBGE, 2013).

O faturamento brasileiro na bovinocultura ocorre principalmente na região Centro-Oeste, detentora nacional do maior rebanho bovino. No ano de 2013 a participação foi de 33,6%, e mesmo registrando redução de 1,7% em relação a 2012, manteve-se na liderança. Frente a este expressivo número, o Estado de Mato Grosso destaca-se, não só em termos regionais, como nacionalmente com o maior rebanho bovino, com participação de 13,4% no ano de 2013 (IBGE, 2013).

A principal característica que torna o Estado de Mato Grosso líder nacional na pecuária bovina, é o fato dele possuir grandes extensões de terra, com 903.357 km<sup>2</sup>, e 27% desta área ser destinada à criação de bovinos sob pastejo de forma extensiva, proporcionando melhoria na produtividade (Figura 2). Hoffmann et al. (2014) relataram que esta forma de produção de bovinos garante boa rentabilidade ao produtor, sendo o pastejo a forma mais barata de produção e além disso, este tipo de criação deve estar associado à suplementação, devido à estacionalidade da produção de forrageira no período de inverno.



**Figura 2.** Uso e ocupação do solo no Estado de Mato Grosso. Fonte: IMEA, 2014.

O total do efetivo do rebanho bovino mato-grossense foi de aproximadamente 28,47 milhões de cabeças no ano de 2014, gerando um faturamento de 10,7 bilhões na produção (BRASIL, 2015; IMEA, 2015). O Estado se mantém na liderança de abates, com cerca de 5,1 milhões de cabeças de bovinos e em segunda posição na exportação, com 317,97 mil toneladas de equivalente carcaça exportada (IMEA, 2015). A pecuária leiteira possui pequena expressão no mercado nacional, se comparado à pecuária de corte, ficando em oitavo lugar no *ranking* de produção de leite no ano de 2014, com 317,4 milhões de litros produzidos (IBGE, 2014).

Diante da importância deste setor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2014) destaca que a pecuária de corte e de leite tem grande oportunidade de crescimento pela expansão do mercado interno e demanda externa, devendo superar alguns desafios como bem-estar animal, qualidade e segurança dos produtos finais.

## **2.2 Rações e suplementos minerais para bovinos no Brasil**

No Brasil, a pecuária bovina é desenvolvida de forma extensiva, e grandes áreas naturais são ocupadas por pastagens de produção estacional, sendo esta a principal fonte de alimentação do gado (AMARAL et al., 2005; PEREIRA, 2000).

Porém, nem sempre as pastagens podem fornecer quantidades adequadas de nutrientes, principalmente no período seco, quando o rebanho sofre um déficit alimentar, ocorrendo queda da qualidade nutricional da pastagem e diminuição da produção e da qualidade da forrageira, ocasionando o não suprimento de elementos minerais para o animal, deficiências na produtividade, diminuição da taxa de crescimento e ganho de peso, baixa eficiência reprodutiva e redução da produção de carne e leite (AMARAL et al., 2005; LOPES, 1998; PEREIRA, 2000).

Outro fator importante para a queda da produção e reprodução bovina é o não balanceamento de minerais nos solos e nas forragens devido à maioria dos solos brasileiros serem do tipo latossólico, podzólico e, em menor proporção, litólicos, sendo o de menor fertilidade destinado às forrageiras (LODOÑO HERNÁNDEZ et al., 2001).

Os minerais são essenciais na nutrição de bovino leiteiro e de corte em diversos processos biológicos, para otimização da performance e saúde do animal e, é requerida a suplementação, principalmente quando pela sua deficiência se observam

baixos níveis de produtividade do rebanho (LODOÑO HERNÁNDEZ et al., 2001; PEREIRA, 2000). Porém, a ingestão de minerais por bovinos deve ser parte de uma dieta equilibrada, pois quando ingeridos em doses excessivas pelos animais podem causar envenenamento agudo ou crônico (AMMERMAN, 1977).

Dentre os nutrientes minerais de maior importância, o fósforo se destaca pelas funções desempenhadas no organismo animal tornando-se alvo de atenção na formulação de rações (LOPES, 2001; TEIXEIRA, 2005)

No Brasil, inicialmente foi empregado na alimentação de bovinos o sal comum que, em seguida, foi substituído pelo emprego de suplementos minerais contendo micro-elementos diluídos ao sal comum, com a adição em alguns casos de farinha de ossos (MORGULIS E BARUSELLI, 2006).

Posteriormente, houve o emprego do fosfato bicálcico como fonte de fósforo para formulação de suplemento mineral, sendo considerado de excelente qualidade e principal responsável pelo elevado custo do produto final, chegando a 70% do preço total da mistura mineral (LOPES, 1998).

Visando baratear os custos com a mineralização, a partir do início dos anos 80, foram realizadas pesquisas em busca de fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatos de rochas em substituição ao fosfato bicálcico, com eficácia e segurança (LOPES, 2001). Porém, estas fontes de fósforo podem estar contaminadas por elementos não essenciais e possivelmente tóxicos, que estão naturalmente presentes na constituição de solos e rochas, sobretudo as fosfáticas (AVELAR, 2008; FERNANDES et al., 2007).

Rosa e Cardoso (1987) relataram em seu estudo que, desde o início dos trabalhos com fosfatos de rochas brasileiras utilizados para formulações minerais bovinos, já havia preocupações com as consequências que estas matérias primas poderiam acarretar na saúde do rebanho bovino, e que os testes realizados em outros países mostraram-se inviáveis para o uso animal, principalmente pelos elevados níveis de flúor e altas concentrações de metais tóxicos.

Porém, no ano 2000 (Portaria nº 6, de 04 de fevereiro de 2000) o governo brasileiro alterou a Portaria SDR nº. 20 de 06/07/1997 do Ministério da Agricultura e Pecuária, liberando o uso de fontes alternativas de fósforo a partir de fosfato bruto de rochas, de fosfato monoamônio e de fosfato supertriplo na complementação mineral

da ração animal (BRASIL, 2000). Com isto a legislação permitiu o uso de matérias primas importadas em função, principalmente, do menor preço, com baixa disponibilidade de fósforo e rica em impurezas.

Lopes et al. (1997) analisaram os teores de flúor, fósforo e metais pesados em três amostras de fosfato bicálcico, duas de superfosfato triplo da rocha de Tapira produzidas no Brasil e uma de superfosfato triplo importado, e encontraram concentrações que variaram de 0,2 a 7,81 mg kg<sup>-1</sup> de Pb, 19 a 104 mg kg<sup>-1</sup> de Cr e 0,1 mg kg<sup>-1</sup> de Cd nas amostras.

Marçal et al. (2003e) avaliaram fontes de fósforo disponíveis no Brasil para a nutrição mineral de bovinos, entre as quais o Fosfato Bicálcico, Fosfato Supertriplo de origem nacional, Fosfato Monoamônio importado da Rússia, Fosfato Supertriplo importado do Marrocos, Fosfato Monoamônio de origem nacional e a Rocha Fosfática de Catalão e encontraram concentrações elevadas de Cd no Fosfato Supertriplo importado do Marrocos e na Rocha Fosfática de Catalão, de 18,6 e 1,4 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Teixeira et al. (2005) determinaram a composição química de fontes de fósforo para nutrição animal disponíveis no mercado, encontrando nas amostras de fosfatos de rochas Catalão, Araxá, Tapira e Marrocos concentrações de metais tóxicos que variaram de 37,1 a 41,6 mg kg<sup>-1</sup> de Pb, 7,84 a 76,32 mg kg<sup>-1</sup> de Cr e 2,87 a 12,35 mg kg<sup>-1</sup> de Cd, nas amostras de superfosfato triplo foram encontrados valores que variaram de 17,1 a 22,2 mg kg<sup>-1</sup> de Pb, 4,59 a 353,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cr e 1,95 a 14,15 de mg kg<sup>-1</sup> Cd e nas amostras de fosfato bicálcico as concentrações variaram de 20,8 a 22,1 mg kg<sup>-1</sup> de Pb, 8,35 a 8,91 mg kg<sup>-1</sup> de Cr e 2,67 a 3,08 mg kg<sup>-1</sup> de Cd.

Dados da Associação Brasileira de Indústrias de Suplementos Minerais relatam que o mercado brasileiro de produção de alimentação animal no ano de 2013 possuía aproximadamente 2500 empresas produzindo cerca de 70 milhões de toneladas, sendo que apenas 16% corresponderam à pecuária e, destes, 1,9 milhões de toneladas corresponderam a suplementos minerais comercializados no Brasil (ASBRAM, 2013).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009) divulgou, no ano de 2009, o relatório técnico de fiscalização de insumos pecuários e produtos para alimentação animal, fiscalizando 5152 estabelecimentos, sendo 52% comerciais e 41% fabricantes, interditando 151 estabelecimentos clandestinos. Nesta

fiscalização foram avaliadas as conformidades de rotulagem, embalagem, armazenamento, composição da fórmula entre outros aspectos inerentes ao produto de 8428 suplementos para uso animal e deste total cerca de 14% não estavam em conformidade com os padrões estabelecidos (BRASIL, 2009).

Diante da complexidade do sistema de produção do rebanho bovino brasileiro, e principalmente do estado de Mato Grosso que possui atualmente, o maior rebanho nacional de gado de corte e ocupa o oitavo lugar no *ranking* de produção de leite, e da liberação do uso de fontes alternativas de fósforo, há uma intensificação de um mercado competitivo de oferta de alimentação animal, bem como o uso de fontes alternativas de minerais de menor custo.

Neste contexto, a escolha de matérias primas de baixa qualidade para produção da alimentação animal acarreta ingestão de doses minerais excessivas e uso indevido de suplementos minerais, podendo estes apresentar concentrações elevadas de metais tóxicos e, assim comprometer a sanidade animal, bem como expor a saúde pública a riscos, através da cadeia alimentar.

### **2.3 Efeitos dos metais potencialmente tóxicos na saúde humana e de bovinos**

Os metais potencialmente tóxicos estão presentes no solo, sistemas aquáticos e alimentos, sendo que o aumento de sua concentração pode ocorrer tanto por processos naturais, pela decomposição da rocha e lixiviação do solo, como também por atividades antropogênicas (PASSAGLI, 2011).

Os seres humanos e os animais, especialmente as espécies bovinas estão cada vez mais expostos a estas espécies químicas pelo consumo de alimentos, fato que tem despertado preocupação em termos de saúde pública (DIAZ-URIBE et al., 2015; IHEDIOHA & OKOYE, 2013).

Assim como ocorre no meio ambiente, os metais tóxicos possuem a tendência de bioacumulação, mas não possuem nenhuma função essencial dentro do organismo, sendo um dos principais problemas para a saúde de todas as espécies (GONÇALVES, 2007; PILARCZYK, 2013).

A principal via de contaminação dos bovinos ocorre pelo consumo de alimentos contendo metais traços, em especial os suplementos e rações mineralizados, acarretando principalmente alterações das reações enzimáticas e, quando ingeridos

em concentrações altas e, ou, progressivamente (acidental, aguda ou crônica), causam efeitos deletérios não só sobre os animais, mas também nos consumidores finais dos produtos e subprodutos de origem animal contaminados (GONÇALVES JÚNIOR, 2013; IHEDIOHA & OKOYE, 2013).

De acordo com Marçal et al. (2004a), algumas novas formulações minerais, destinadas à suplementação de bovinos podem estar contaminadas por metais tóxicos, gerando grande preocupação, uma vez que o Brasil não possui nenhuma legislação vigente que estabelece os níveis máximos tolerável destes contaminantes na dieta bovina o que possibilita que este tipo de alimento resulte em uma cadeia trófica comprometida atingindo os bovinos e, por conseguinte o homem pelo consumo de carne, leite e seus derivados.

Dentre os metais tóxicos estão o cádmio e chumbo que, mesmo presentes em concentrações baixas, podem provocar danos à saúde dos seres vivos e são facilmente transferidos para cadeia alimentar não possuindo qualquer função biológica essencial (MARENGONI, 2013).

O cádmio é considerado um metal altamente tóxico, sendo descrito como um dos mais perigosos entre os elementos traços, pois o mesmo não possui nenhuma função biológica conhecida em animais ou seres humanos, e imita ações de outros metais essenciais, sendo que a principal forma de contato com este elemento se dá por vias inalatória e digestiva (PASSAGLI, 2011).

Este contaminante causa severas alterações patológicas em bovinos e acumula-se no leite e na carne (GONÇALVES, 2007; 2010). Em seres humanos, o cádmio acumula-se no organismo, podendo causar osteomacia, calcificação nos rins, deformação óssea, disfunção renal, câncer, doenças cardiovasculares, retardamento de crescimento e morte (CUNHA & MACHADO, 2004).

A concentração máxima tolerável de cádmio na dieta bovina estabelecido pela *National Research Council* (EUA) é de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  (NRC, 2000). Já o limite estabelecido pela European Commission (2003) para alimentos de ruminantes é de  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ . Este mesmo regulamento estabelece a concentração máxima de Cd no músculo, fígado e rins de bovinos destinados ao consumo humano em 0,05, 0,5 e  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

O Programa Nacional de Controle de Resíduos em Carnes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006) estabelece em  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  o nível de cádmio para ação em fígado e rim de bovinos.

A Resolução RDC nº42 de 29 de agosto de 2013 da Agência de Vigilância Sanitária Brasileira que dispõe sobre o regulamento técnico do Mercado Comum do Sul (Mercosul) sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos estabelece um valor máximo permitido de  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cd em leite fluido pronto para consumo, carnes de bovinos e seus derivados crus, congelados ou refrigerados, empanados crus e embutidos e fígado bovino e  $1,00 \text{ mg kg}^{-1}$  para rins bovinos (BRASIL, 2013)

O chumbo é um elemento de ocorrência natural, conhecido por afetar todos os órgãos e sistemas do corpo humano com efeito cumulativo e também não possui nenhuma ação fisiológica no organismo, provocando envenenamento crônico (saturnismo), danos irreversíveis ao cérebro, principalmente em crianças, hiperatividade, retardamento de crescimento, anemia, tumores renais e, se ingerido de forma crônica, pode ser letal (CUNHA & MACHADO, 2004; PASSAGLI, 2011).

Em bovinos, este contaminante é a causa comum de intoxicação, sendo altamente tóxico, provocando importantes alterações clínicas, principalmente reprodutivas, inclusive o aborto, e também pode acumular nos tecidos destes animais e nos produtos e/ou subprodutos, como a carne e o leite, o que representa riscos à saúde pública (MARÇAL et al., 2003b). A maior parte do chumbo entra no organismo destes animais pelas vias respiratórias e gastrintestinal (PASSAGLI, 2011).

A concentração máxima tolerável de chumbo na dieta bovina estabelecida pela *National Research Council* (EUA) é de  $30 \text{ mg kg}^{-1}$  (NRC, 2000). Já o estabelecido pela *Comissão Européia* é de  $5,0 \text{ mg kg}^{-1}$  (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

O Programa Nacional de Controle de Resíduos Biológicos em Carnes estabelece o nível de chumbo para ação em fígado e rim de bovinos em  $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$  (BRASIL, 2006). Já Comissão Européia estabelece em  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  o máximo tolerável em carne (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

Para leite cru, a Comissão Européia estabelece em  $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$  a concentração máxima tolerável de chumbo (EUROPEAN COMMISSION, 2006). A Resolução RDC nº42 de 29 de agosto de 2013 da Agência de Vigilância Sanitária



Brasileira, dispõe sobre o regulamento técnico da Mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos, estabelecendo como valor máximo tolerado  $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$  em leite, em leite fluído pronto para consumo,  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  em carnes de bovinos e seus derivados crus, congelados ou refrigerados, empanados crus e embutidos e  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  em fígado e rins bovinos (BRASIL, 2013).

O cromo ocorre na natureza nas formas trivalente e hexavalente, sendo que o  $\text{Cr}^{+6}$  apresenta maior toxicidade que o  $\text{Cr}^{+3}$  e a exposição a este contaminante pode ocorrer por inalação, ingestão ou através da pele (PASSAGLI, 2011).

Este metal tóxico é largamente usado em situação de estresse emocional, físico e metabólico, podendo desempenhar papel benéfico, principalmente para o gado leiteiro. Porém, em elevadas concentrações, o Cr pode causar doenças e alterações metabólicas sendo mutagênico, carcinogênico e teratogênico a uma ampla variedade de organismos (HADDAD et al., 2006; PASSAGLI, 2011; PEIXOTO et al., 2005).

A concentração máxima tolerável de cromo na dieta bovina estabelecida pela *National Research Council* (EUA) é de  $1000 \text{ mg kg}^{-1}$  (NRC, 2000). Porém, a ingestão de uma dose elevada, em torno de 30 a  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso corpóreo/dia do  $\text{Cr}^{+6}$  induziu toxicose em gados leiteiros (COMISSÃO EUROPEIA, 2003). O Decreto N° 55.871, de 26 de março de 1965, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece em  $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$  o limite máximo para metais tóxicos em alimentos como aditivos incidentais de cromo em qualquer alimento para consumo humano (BRASIL, 1965).

Gomes et al. (2013) determinaram a concentração de Cd, Cr e Pb no leite de bovinos do Brasil e relataram contaminação por estes elementos traços em níveis acima do permitido pela legislação para amostras de leite *in natura* e processado.

Santos et al. (2015) determinaram a concentração de metais essenciais e potencialmente tóxicos em leites UHT produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil e verificaram que em 50% das amostras o teor de Pb e Cr apresentavam-se acima do valor máximo estabelecido pela legislação.

Resíduos de Cd e Pb em fígado e rins com procedência de frigoríficos também foram encontrados por Aranha et al. (1994), com valores superiores aos estabelecidos pela legislação.

Gonçalves (2007) determinou a concentração de Pb, Cd, Fe, Zn e Cu em carnes de bovinos e, encontrou concentrações superiores às estipuladas como máximo de resíduos estabelecido na legislação.

#### **2.4 Metais potencialmente tóxicos em rações e suplementos minerais para bovinos**

Na literatura nacional e internacional há diversas evidências de contaminação de rações e suplementos mineralizados por metais tóxicos especialmente Cd e Pb, com valores que excedem o preconizado pela legislação, fato que tem despertado preocupações para a saúde animal e humana, uma vez que estes contaminantes, ao serem ingeridos em doses elevadas, podem causar envenenamento agudo, que ocorre logo após a ingestão, ou envenenamento crônico, quando os animais ingerem doses tóxicas constantemente, mas em concentrações mais baixas do que aquelas que provocam o envenenamento agudo, podendo levá-los à morte (AMMERMAN, 1977).

Marçal et al. (1999) determinaram a concentração de chumbo em misturas minerais para bovinos dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e encontraram concentrações que variaram de 1,6 a 460,0 mg kg<sup>-1</sup> em 12 das 35 amostras analisadas.

Marçal et al. (2001) determinaram a concentração de chumbo em 30 amostras de misturas minerais para bovinos comercializados nos Estados do Paraná e São Paulo e verificaram que nove amostras apresentavam concentrações acima do máximo permitido pelo NRC de 30 mg kg<sup>-1</sup>.

Gaste et al. (2002) avaliaram o teor de chumbo inorgânico em formulações minerais comercializadas no Estado do Paraná, e verificaram que 72,5% das amostras avaliadas apresentaram concentração de chumbo acima do valor estipulado pela Legislação internacional sobre nutrição animal.

Marçal et al. (2002a) determinaram a concentração de cádmio em misturas minerais para gado de corte comercializadas nos Estados de São Paulo e Paraná, e das 36 amostras 35 apresentaram concentração acima do máximo recomendado pelo NRC de 0,5 mg kg<sup>-1</sup>.

Marçal et al. (2002b) avaliaram a concentração de zinco em 32 formulações minerais para bovinos de corte recolhidos dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e encontraram teor de zinco acima do máximo recomendado ( $300 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em 31 amostras.

Marçal et al. (2003a) determinaram a concentração de Pb em diferentes formulações minerais comercializadas no Estado de São Paulo, e verificaram que das 24 amostras analisadas, 16 apresentaram valores superiores aos valores máximos permitidos pelo NRC.

No mesmo ano, Marçal et al. (2003b) determinaram a concentração de Pb em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul e de 19 amostras analisadas, onze apresentaram valores acima do permitido pelo NRC.

Marçal et al. (2003c) também determinaram a concentração de chumbo em 60 amostras de sal mineral para bovinos de corte nos Estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e encontraram concentrações superiores às recomendadas em 21 amostras.

Ainda em 2003, Marçal et al. (2003d) determinaram a concentração de Cd em misturas de sais minerais para suplementação alimentar de bovinos de corte e observaram que 33 amostras das 37 analisadas apresentaram valores acima dos estipulados pelo NRC.

Marçal et al. (2004a) determinaram a concentração de Cd e Pb em suplementos minerais para bovinos comercializados na cidade de Londrina – PR, e em 10 diferentes marcas analisadas, seis apresentaram níveis de chumbo inorgânico superiores ao limite máximo aceitável pelo NRC, e, todas as amostras apresentaram níveis de Cd superior a  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , que é o valor máximo aceitável pelo NRC.

Marçal et al. (2004b) determinaram a concentração de Pb em diferentes formulações, mais comercializadas no Estado de Goiás, e de 15 amostras analisadas, somente seis apresentaram valores inferiores aos 10 ppm, recomendado como valor máximo aceitável.

Marçal et al. (2004c) determinaram a concentração de Cd e Pb em 12 diferentes marcas de misturas minerais para bovinos comercializados na região noroeste do Paraná e, encontraram níveis de chumbo superiores ao máximo permitido pelo NRC em sete amostras e de cádmio em todas as amostras.

Buture et al. (2005) avaliaram os teores de Cd e Pb em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado do Paraná e observaram que das 30 diferentes marcas analisadas, 21 apresentaram níveis de chumbo superiores ao limite máximo aceitável pelo NRC. Todas as amostras apresentaram concentração de Cd acima do valor máximo estipulado pelo NRC.

Li et al. (2005) determinaram a concentração de Zn, Cu, Cd, Pb, Cr e As em diferentes tipos de alimentação para bovinos, inclusive na ração mineralizada na cidade de Wiscosin -USA e foram detectadas elevadas concentrações de Pb, principalmente no mix mineral.

Marçal et al. (2005a) avaliaram a intoxicação por Pb em gado bovino em zona rural próxima de indústria metalífera do Estado do Paraná e encontraram concentrações inferiores a  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  desse contaminante no sal mineral.

Marçal et al. (2005b) quantificaram Pb em misturas minerais comercializadas no Estado de São Paulo e, de 12 amostras de diferentes marcas analisadas, oito apresentaram níveis superiores a  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Marçal et al. (2005c) determinaram a concentração de chumbo em 39 amostras de misturas minerais para bovinos comercializados no Estado de São Paulo e encontraram concentrações acima do limite de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  em 28 amostras.

Marçal et al. (2006) avaliaram a concentração de chumbo em misturas minerais para bovinos comercializados em São Paulo e verificaram níveis superiores a  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  em 34 das 45 amostras avaliadas.

Marçal et al. (2007) determinaram níveis de alumínio inorgânico em suplementos minerais para bovinos comercializados no estado de São Paulo e verificaram que em 09 das 18 diferentes amostras analisadas, os valores de alumínio inorgânico extrapolaram o limite máximo aceitável de 1000 ppm referenciado pelo NRC, representando o comprometimento de 50% das formulações analisadas.

Gonçalves et al. (2010) avaliaram a concentração de chumbo, cádmio e a solubilidade de fósforo em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado de Goiás e verificaram que 50% das amostras apresentaram teores de Cd e Pb acima dos valores permitidos pelo NRC e de outros trabalhos descritos pela literatura nacional. Também foi verificada a baixa solubilidade de fósforo nas amostras,

o que indica o uso de fontes não convencionais deste elemento para a elaboração das formulações.

Belivermiş et al. (2011) determinaram a concentração de Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn em amostras de rações bovinas da região de Thrace na Turquia e verificaram que a concentração de Cd nas amostras estava acima do permitido pela Legislação Internacional.

Zhang et al. (2012) avaliaram a concentração de metais tóxicos em diferentes tipos de alimentação animal comercializados no noroeste da China para fazendas de grande e médio porte e verificaram a presença destes metais em amostras de rações para frangos, porcos e bois.

Gomes et al. (2013) determinaram a concentração de Cd, Cr e Pb na alimentação bovina do Brasil e encontraram concentrações elevadas destes contaminantes.

Marçal et al. (2015a) avaliaram a concentração de zinco em misturas minerais para bovinos comercializados nos estados de São Paulo e Paraná e encontraram em 35 das 36 amostras avaliadas concentrações acima do máximo valor máximo aceitável em nutrição de bovinos.

Marçal et al. (2015b) determinaram os níveis de metais tóxicos em suplementos minerais para bovinos comercializados em Londrina e, das 10 diferentes marcas analisadas, seis apresentaram níveis de Pb superiores ao limite máximo aceitável de  $30 \text{ mg kg}^{-1}$  e todas apresentaram níveis de Cd superiores ao valor máximo estabelecido de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ .

## Referências

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária Brasileira 2014**. Disponível em: < [http://www.abiec.com.br/3\\_pecuaria.asp](http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp)>. Acesso em: ago. 2015.

AMARAL, T. B.; CORRÊA, E. S.; COSTA, F. P. **Suplementação alimentar de vacas de cria: quando e por que fazer?** Campo Grande, MS, Embrapa Gado de Corte, 2005.

AMMERMAN, C. B. et al. Contaminating elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. **J. Anim. Sci.** v. 44, n. 3, 1977.

ANDRADE, M. G. **Elementos-traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em latossolos e plantas de milho após treze aplicações anuais de lodo de esgoto**. Jaboticabal, 2011. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011.

ARANHA, S; NISHIKAWA, A. M.; TAKA, T.; SALIONI, E. M. C. Níveis de cádmio e chumbo em fígado e rins de bovinos. **Rev. Inst. Adolfo Lutz.** v. 54 n. 1 p. 16-20, 1994.

ASBRAM. Associação Brasileira de Indústrias de Suplementos Minerais. Mercado de suplementação animal e seus desafios. **Rev. Agroanalysis.** Mar, 2013.

AVELAR, A. C. **Análises de fontes de fósforo na nutrição animal: técnicas nucleares e correlatas em estudo com coelhos**. 2008, 68 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

BARCELLOS, J. Alimento de risco: O fosfato de rocha e o supertiplo na alimentação animal ocasionam muito mais riscos do que benefícios para a pecuária. **Rev. Agroanalysis.** Jun, 2000.

BELIVERMIŞ, M.; KILIÇ, O.; ENGIZEK, T.; ERGENÇ, S.; ÇAYIR, A. Trace element concentrations in animal feed samples from Thrace region, Turkey. **IUFS, J Biol.** v. 70 n. 1, p. 1-10, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965**. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. Brasília.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Relatório técnico de atividades da Coordenação de Produtos para Alimentação Animal do ano de 2009**. Resultado dos trabalhos desenvolvidos pelo Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários, conforme regulamentado pelos artigos 2º e 42º do Anexo do Decreto 6296 de 11 de dezembro de 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Programa de controle de resíduos em carne. **Portaria nº 50 de 20 de fevereiro de 2006**. Brasília.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. **Valor Bruto da Produção Regional**. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano mais pecuária**. Brasília: MAPA/ACS, 32p, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria SRD nº 20 de 06 de julho de 1997**. Liberou o uso de fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatos de rochas. Brasília.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria SDR nº 06 de 04 de fevereiro de 2000**. Libera uso de fosfatos não tradicionais na alimentação de bovinos. Brasília.

BUTURE, I. O.; MARÇAL, W.S. Teores de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado do Paraná. **Arch. Vet. Sci.** v. 10, n.1, p.51-45, 2005.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Balço 2014 Perspectiva 2015, 2014**. Disponível em: <[www.cna.org.br](http://www.cna.org.br)>. Acesso em: ago. 2015.

CUNHA, G. F.; MACHADO, J. G. **Estudos de Geoquímica Ambiental e o Impacto na Saúde Pública no Município de São Gonçalo do Piauí, Estado do Piauí**. Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM). Serviço Geológico Do Brasil 2004. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/gestao/estudo\\_geoq\\_amb.pdf](http://www.cprm.gov.br/gestao/estudo_geoq_amb.pdf)>. Acesso em: Ago. 2015.

DIAZ-URIBE, C. E.; VALLEJO, W. A. L.; VILLAMIZAR, L. A.; VIDES, N. Analysis of content of heavy metals in grass used to feed cattle by Energy Disperse X-Ray Fluorescence Spectroscopy. **Prospect**. Barranquilla, v.13, n.1 p.7-11, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **Opinion of the scientific committee on animal nutrition on undesirable substances in feed**. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate, Brussels, Belgium. 2003.

FERNANDES, B. A.; LUZ, W. V.; FONTES, M. P. F.; FONTES, L. E. F. Avaliação da concentração de metais tóxicos em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient**. Campina Grande. v.11, n.1, p. 81–93, 2007.

GASTE, L.; MARÇAL, W.S.; NASCIMENTO, M. R. L. Valores de chumbo inorgânico em formulações minerais comercializadas no Estado do Paraná. **Arch. Vet. Sci.** v. 7, n.1, p. 43-48, 2002.

GOMES, A. C. S.; LINDINO, C. A.; GONÇALVES, JÚNIOR A. C.; GOMES, G. D. Determinação de Cd, Cr e Pb no leite e na alimentação bovina do Brasil. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 72 n. 3, 2013.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Descontaminação e monitoramento de águas e solos na região amazônica utilizando materiais adsorventes alternativos, visando à remoção de metais pesados tóxicos e pesticidas. **Inc. Soc.** Brasília, DF, v. 6 n. 2, p.105-113, jan./jun. 2013.

GONÇALVES, J. R. **Determinação de Pb, Cd, Fe, Zn e Cu em carnes de bovinos e Pb, Cd e P em suplementos minerais no Estado de Goiás**. 2007, 132p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

GONÇALVES, J. R.; GONÇALVES, R. M; GONÇALVES, R. M. Cádmio, Chumbo e Solubilidade do Fósforo em Suplementos Minerais Bovinos Comercializados em Goiás. **RPQ**. Anápolis, v. 7, p. 68-77, jan./jun. 2010.

HADDAD, C. M.; ALVES, F. V. **Novos Conceitos e Tecnologias na Suplementação Mineral de Bovinos**. In: II Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal. 10 a 13 abr. 2006, São Paulo, 2006.

HOFFMANN, A.; et al. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 02, p. 119-130, abr./jun. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária**: Pesquisa trimestral do abate de animais, leite, couro e ovos de galinha. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/producaoagropecuaria>>. Acesso em: ago. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. 2013. vol. 41. Rio de Janeiro. IBGE, 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos>>. Acesso em: ago. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. 2009. v. 37. Rio de Janeiro. IBGE, 2009. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos>>. Acesso em: ago. 2015.

IHEDIOHA, J. N.; OKOYE, C. O. B. Dietary intake and health risk assessment of lead and cadmium via consumption of cow meat for an urban population in Enugu State, Nigeria. **Ecotoxicol. Environ. Safety**. v. 93, p 101-106, 2013.

IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Agronegócio em Mato Grosso**. 2014.

IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Boletim Semanal da bovinocultura de corte**. Jan. 2015. Disponível em: <<http://imea.com.br>>. Acesso em: Ago, 2015.

IMEA. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Projeções para produção agropecuária em Mato Grosso. Mato Grosso, janeiro de 2010**. Disponível em: <[http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2010\\_02\\_04\\_Paper\\_Previsao\\_de\\_Producao\\_Mato\\_Grosso.pdf](http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2010_02_04_Paper_Previsao_de_Producao_Mato_Grosso.pdf)> Acesso em: ago. 2015.

LI, Y.; McCRORY, D.F.; POWELL, J. M.; SAAM, H.; JACKSON-SMITH, D. A Survey of Selected Heavy Metal Concentrations in Wisconsin Dairy Feeds, **J. Dairy Sci**. v. 88, p. 2911–2922, 2005.

LODOÑO HERNÁNDEZ, F. I.; MÂNICO, A. B.; FERREIRA, A. S. **Suplementação mineral para gado de corte; novas estratégias**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.



LOPES, H. O. S. **Fontes alternativas de fósforo para redução de custos do sal mineral para bovinos**. Planantina: Embrapa Cerrados, 44 p, 2001.

LOPES, H. O. S. **Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar**. Brasília: Embrapa-SPI, 107 p, 1998.

LOPES, H. O. S.; PEREIRA, G.; PEREIRA, E. A.; SOARES, W. V.; COSTA, M.F.V.; SANCHES **Avaliação dos níveis de metais pesados e do flúor em amostras de fosfato bicálcico e superfosfato triplo para alimentação animal**. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, Anais. p. 462-464, 1997.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; LIBONI, M.; PARDO, P.E.; NASCIMENTO, M.R.; HISANI, C.S. Lead concentration in mineral salt mixtures used in beef cattle food supplementation in Brazil. **Vet. Arhiv.** Croatia, v. 69, n. 6, p. 349-355, 1999.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; LIBONI, M.; PARDO, P.E.; NASCIMENTO, M.R.; HISANI, C.S. Concentration of lead in mineral salt mixtures used as supplements in cattle food. **Exp. Toxicol. Pathol.** Jena, v. 53, p. 7-9, 2001.

MARÇAL, W. S.; PARDO, P.E.; NASCIMENTO, M.R.; LIBONI, M.; BONIN, M.N. Detection of Cadmium in Mineral Salt Commercial Mixtures for Beef Cattle. **J. Vet. Sci.** v. 3 n. 2, p. 141-144, 2002a.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; NASCIMENTO, M.R.; LIBONI, M.; CARVALHO, M.C.; BONIN, M.N. Zinc concentrations in commercial mineral salt mixtures for beef cattle. Zinc concentrations in commercial mineral salt mixtures for beef cattle. **LRRD.** v. 14 n.4, 2002b.

MARÇAL, W.S.; GASTE, L.; PARDO, P.E.; NETO, O.C.; NASCIMENTO, M.R. Identificação e quantificação de metal pesado em formulações minerais comercializadas no Estado de São Paulo. **Rev. Educ. Contin.** CRMV-SP, São Paulo. v. 6. n. 1/3. p. 103-109. 2003a.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; NASCIMENTO, M.R.; OLIVEIRA, H.S. Teores de chumbo em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul. **Cienc. Rural.** Santa Maria, v. 33, n. 4, p.775-778, jul-ago, 2003b.

MARÇAL, W. S. PARDO, P.E.; NASCIMENTO, M.R.; VERAS, E.B.; MORENO, A.M. Levels of lead in mineral salt commercial mixtures for beef cattle. **J. Vet. Sci.** v. 4 n. 3, p.235-238, 2003c.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; NASCIMENTO, M.R.; LIBONI, M.; GOMES, G.P.; HISANI, C.S. Cadmium concentration in mineral salt mixtures used as supplementation in beef cattle food. **Vet. Arhiv.** v. 73, n. 1, p. 47-53, 2003d.

MARÇAL, W. S.; GOMES, G.P.; NASCIMENTO, M.R.; MORENO, A.M. Avaliação de fontes de fósforo para nutrição mineral de bovinos. **Arq. Inst. Biol.** São Paulo, v.70, n.3, p.255-258, jul./set., 2003e.

MARÇAL, W.S.; BUTURE, I.O.; CARVALHO, M.C.; FORTES, M.S.; SILVA, R.A. Níveis de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados em

Londrina. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 25, n. 4, p. 359-364, out./dez. 2004a.

MARÇAL. W.S.; SOUSA, M.R.L.; NASCIMENTO, M.R.; CARVALHO, M.C. Valores de chumbo inorgânico em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado de Goiás. **Arq. Inst. Biol.** São Paulo, v.71, n.1, p.31-34, jan./mar., 2004b.

MARÇAL. W.S.; BUTURE, I.O.; FORTES, M.S.; PRATA, D.R. Níveis de cádmio e chumbo em suplementos minerais para bovinos comercializados na região noroeste do Paraná. **Unimar Ciências**. v.13 n. 1/2, p. 45-49, 2004c.

MARÇAL. W.S. Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima a indústria metalífera. **Vet. Not.** Uberlândia, v. 11, n. 1, p. 87-93, 2005a.

MARÇAL. W.S. GASTE, L.; NASCIMENTO, M.R. Identificação e quantificação de chumbo em misturas minerais comercializadas no Estado de São Paulo. **Ciênc. Anim. Bras.** v. 6, n. 4, p. 249-253, out./dez. 2005b.

MARÇAL. W.S.; PARDO, P.E.; NASCIMENTO, M.R.; FORTES, M.S. Inorganic lead concentration in mineral salt commercial mixtures for beef cattle in São Paulo, Brazil. **Arq. Inst. Biol.** São Paulo, v.72, n.3, p.339-341, jul./set., 2005c.

MARÇAL. W.S.; NASCIMENTO, M.R.; FORTES, M.S.; OLIVEIRA Jr, B.C.; ORTUNHO, V.V. Inorganic Lead Concentration in Mineral Salt Mix for Beef Cattle Supplements in São Paulo, Brazil. **Philipp. J. Vet. Med.** 43 (1): p. 8-12, 2006.

MARÇAL, W.S.; PARIZOTTO JUNIOR, N.; STELLA, T. R.; SOUZA, R. B. Níveis de alumínio inorgânico em suplementos minerais para bovinos comercializados no estado de São Paulo. **Rev. Syn. Scy.** Pato Branco, v. 2, n.1, 2007.

MARÇAL. W.S.; NASCIMENTO, M.R.; MENCK, M.F. Toxic levels of zinc in mineral salt mixtures used in beef cattle supplementation. **Ciênc. Vet. Tróp.** Recife-PE, v. 18, n. 1 p. 43-46 - janeiro/abril, 2015a.

MARÇAL, W. S.; NASCIMENTO, M.R.; MENCK, M.F. Níveis de metais pesados em suplementos minerais para bovinos comercializados em Londrina. **Rev. Bras. Hig. Sanid. Anim.** v.9, n.3, p. 592-601, 2015b.

MARENGONI, N. G.; KLOSOWSKI, E.S.; OLIVEIRA, K.P.; CHAMBO, A.P.S.; GONÇALVES Jr, A.C.. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. **Quím. Nova** v. 36 n. 3, São Paulo 2013.

MERCOSUL. **Resolução RDC nº42, de 29 de agosto de 2013**. Dispõe sobre o regulamento Técnico MERCOSUL sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em Alimentos. Assumpção.

MERTZ, W. Chromium occurrence and function in biological systems. **Physiol. Rev.** v. 42. n. 2, p. 163-238, 1969.

MORAES, A. L. Suplementação de bovinos de corte em sistema de pastejo. **Ensaio e C.** v. 16, n. 5, p. 97-112, 2012.

MORGULIS, S.; BARUSELLI, M. **A indústria de suplementos minerais no Brasil.** Opinião: Equipe BeefPoint, 2006.

N. R. C. National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 7 Revised Edition, 2000.

OLIVEIRA, C. A. **Análise do setor de carnes:** Brasil, Estado de São Paulo e MRL. Limeira, SP. 41f, 2014. Monografia (Graduação) –Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

PASSAGLI, M.; PAULA, W.X. **Toxicologia Forense:** Teoria e prática. 3.ed., campinas SP: Millenium Editora, 2011.

PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesqui. Vet. Bras.** Rio de Janeiro. v. 25 n. 3, p. 195-200 jul./set. 2005.

PEREIRA, J. C. **Vacas leiteiras:** aspectos práticos da alimentação. Viçosa: Aprenda Fácil, 198 p, 2000.

PILARCZYK, R.; WÓJCIK, J.; CZERNIAK, P.; SABLİK, P.; PILARCZYK, B.; TOMZAMARCINIĄK, A. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. **Environ. Monit. Assess.** 2013.

ROSA, I.V. & CARDOSO, J.L.A. **Fósforo, fosfato de rocha e fluorose em bovinos.** Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 33p, 1987.

SANTOS, C. B. G.; OLIVEIRA, A.P.; MARTINS, D.L.; OLIVEIRA, J.C.; PEDRO, F.G.G.; VILLA, R.D. Determination of the concentrations of essential and toxic metals in UHT milk produced in Mato Grosso State, Brazil. **International Food Research Journal** 22(3): 981-986, 2015.

SCHLESINGER, S. **Onde Pastar? O gado bovino no Brasil.** Rio de Janeiro: FASE, 2010.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D.C.; RIBEIRO, M.C.T.; LOPES, J.B.; FERREIRA, V.P.A.; VITTI, D.M.S.S.; MOREIRA, J.A.; PENA, S.M. et al. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos suínos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.57, n.4, p. 502-509, 2005.

USDA. United States Department of Agriculture. Dairy and Livestock. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **PSD: production, supply and distribution online.** Reports. Washington, 2015. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: ago. 2015.

ZHANG, F.; LI, Y.; YANG, M.; LI, W. Content of Heavy Metals in Animal Feeds and Manures from Farms of Different Scales in Northeast China. **Int. J. Environ. Res. Public Health.** v.9, p.2658-2668, 2012.

## **CAPÍTULO 2**

**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE Pb, Cd e Cr EM RAÇÕES E  
SUPLEMENTOS MINERAIS PARA BOVINOS PRODUZIDOS NO ESTADO DE  
MATO GROSSO, BRASIL**

Keyla S. Sigarini<sup>a</sup>, Adriana P. Oliveira<sup>a\*</sup>, Daiane L. Martins<sup>a</sup>, Alexandre S. Brasil<sup>b</sup>, Kamila C.  
Oliveira<sup>a</sup>, Ricardo D. Villa<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Campus  
Cuiabá - Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá - MT,  
Brazil.

<sup>b</sup> Perícia Oficial e Identificação Técnica de Mato Grosso (POLITEC), Av. Gonçalo Antunes  
de Barros 3245, Novo Mato Grosso, 78000-000, Cuiabá – MT, Brazil.

<sup>c</sup> Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas e da Terra (ICET), Universidade  
Federal de Mato Grosso (UFMT), Av. Fernando Correa da Costa 2367, Boa Esperança,  
78000-000, Cuiabá - MT, Brazil.

---

<sup>\*</sup> Corresponding author. (Adriana Paiva de Oliveira) *Address:* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) – *Campus* Cuiabá Bela Vista, Av. Juliano da Costa Marques s/n, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá – MT, Brazil. *Phone Number:* + 55 65 3318-5100  
*E-mail address:* adriana.oliveira@blv.ifmt.edu.br.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de Cd, Pb e Cr em rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil. Foram coletados três diferentes lotes de nove amostras de suplementos minerais e onze amostras de rações mineralizadas. As amostras foram preparadas por decomposição por via úmida e a quantificação dos analitos foi feita por espectrometria de absorção atômica em chama. Os coeficientes de correlação linear ( $r$ ) foram superiores a 0,99 e os limites de detecção e quantificação instrumentais variaram entre 0,18 e 0,64 mg kg<sup>-1</sup> e 0,54 e 1,93 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As porcentagens de recuperação variaram de 72 a 113%, com desvios padrões relativos menores que 11%. Todas as amostras apresentaram concentrações de Cr abaixo do valor máximo permitido pela legislação internacional. No caso do Cd e Pb foram verificados teores médios superiores aos limites máximos estabelecidos. Diferenças significativas foram verificadas entre as concentrações dos analitos nas amostras de rações mineralizadas ( $p < 0,05$ ), o que pode ser atribuído à heterogeneidade das amostras e aos diferentes níveis de adição de fósforo neste tipo de alimento que variam de acordo com a exigência nutricional do animal. Os resultados obtidos indicam que os suplementos e rações minerais para gado de corte e de leite produzidos em Mato Grosso contêm concentrações de Cd e Pb acima dos valores máximos permitidos pela Legislação, o que sugere o uso de matérias-primas de baixa qualidade.

*Palavras-chave:* bovinos de corte, vacas leiteiras, alimentação, contaminação, metais tóxicos

## ABSTRACT

The aim in this work was to determine the Cd, Pb and Cr concentration in mineral cattle feeds and supplements produced in the Mato Grosso State, Brazil. Three different lots of nine mineral cattle supplements and eleven mineral feeds were collected. The samples were prepared by wet decomposition and quantification of the analytes was made by flame atomic absorption spectrometry. The linear correlation coefficients were higher than 0.99, and the instrumental limits of detection and quantification of the varied from 0.18 to 0.64 mg kg<sup>-1</sup> and from 0.54 to 1.94 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The recovery percentages varied from 72 to 113%, with relative standard deviations lower than 11%. The Cr concentrations measured in all samples presented values below the maximum allowed by international law. For Cd and Pb, also mean levels above the established limits were observed. Significant differences were observed between the concentrations of analytes and samples of mineral feed ( $p < 0.05$ ), which may be attributed to sample heterogeneity and different addition levels of phosphorus in this type of food that may differ according the nutritional requirements of the animal. The results showed that the mineral supplements and feeds for beef and milk cattle produced in Mato Grosso State contains Cd and Pb concentrations above the maximum values allowed by law, which suggests the use of low-quality raw materials.

*Keywords:* beef cattle, dairy cows, feed, contamination, toxic metals.

## 1 Introdução

A vasta imensidão territorial e as ótimas condições climáticas posicionam o Brasil, frente à pecuária bovina, como o segundo maior rebanho do mundo, estimado em 212,7 milhões de cabeças (Hoffmann et al., 2014; USDA, 2015). Além disso, o Brasil é o segundo no *ranking* mundial de produção de carne bovina, com uma produção total de 9,7 milhões de toneladas no ano de 2014 e, quinto produtor mundial de leite, com um total de 34,2 bilhões de litros produzidos no ano de 2013 (USDA, 2015).

O Estado de Mato Grosso contribui significativamente para esta posição do Brasil frente ao mercado mundial de produção de carne bovina e leite, detendo um efetivo de 28,47 milhões de cabeças, destacando-se em primeiro lugar no *ranking* brasileiro de gado de corte e abates de bovinos, segunda posição em exportação de carne e oitavo lugar na produção leiteira (IMEA, 2014; IBGE, 2014).

O principal sistema de manejo de bovinos no Estado de Mato Grosso é o pastejo extensivo, considerado o sistema mais simples, prático e econômico de produção pecuária. Porém, este tipo de manejo pode ser afetado por fatores climáticos e pela estacionalidade da produção de forrageiras, que podem provocar um déficit na alimentação bovina devido ao fornecimento inadequado de nutrientes minerais e gerar uma baixa produtividade do rebanho (Pereira, 2000; Amaral et al., 2005; Moraes, 2012;).

Os minerais, principalmente o fósforo, são importantes na alimentação de bovinos de leite e de corte, devido a sua atuação em processos biológicos para melhoria da performance e da saúde animal (Lodoño Hernández et al., 2001; Pereira, 2000; Lopes, 2001). Por esta razão, os pecuaristas que utilizam o sistema de pastejo extensivo acrescentam rações e suplementos minerais à alimentação dos animais.

No ano 2000, o governo brasileiro alterou a Portaria SDR nº. 20 de 06/07/1997 (BRASIL, 1997) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, liberando o uso de



fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatos brutos de rochas, fosfatos agrícolas e ácido fosfórico (Brasil, 2000). Com isto, a legislação brasileira permitiu o uso de matérias primas de menor preço, com baixa disponibilidade de fósforo e rica em impurezas, como os metais potencialmente tóxicos (Gonçalves, 2007; Avelar, 2008).

As formulações minerais para bovinos podem apresentar contaminação por metais potencialmente tóxicos, pelo fato de os mesmos estarem presentes na constituição de solos e rochas, principalmente as fosfatadas (Avelar, 2008; Fernandes et al., 2006). A ingestão destes metais pelos bovinos pode resultar em inúmeras doenças e gerar danos significativos à criação (Souza et al., 2009; Avelar, 2008; Fernandes et al., 2006). Além disso, podem promover a bioacumulação e/ ou biomagnificação destes contaminantes na cadeia alimentar causando intoxicações a médio e longo prazo nos animais e, conseqüentemente, ao homem por meio do consumo de carne, leite e derivados (Andrade, 2011).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a concentração dos metais potencialmente tóxicos, cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) em suplementos e rações minerais para bovinos de corte e de leite produzidos no Estado de Mato Grosso, Brasil.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Instrumentação**

Todas as medidas de massa foram realizadas em uma balança analítica (Marte<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil) Modelo AW 220 com resolução de  $\pm 0,0001$  g. Para a secagem das amostras foi utilizada uma estufa de secagem com circulação mecânica de ar (Fanem<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil) modelo Orion 515. O procedimento de preparo das amostras por decomposição por via úmida com aquecimento por condução foi feito em um bloco digestor (Quimis<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil) modelo A242 com faixa de aquecimento de 50 °C a 450 °C.

Para a quantificação dos analitos foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica em chama modelo SpectrAA 220 e lâmpadas de cátodo oco marca Varian® (Santa Clara, CA, USA). Acetileno 99,5% (Linde Gás, São Paulo) e ar comprimido foram utilizados como gases combustível e oxidante. A taxa de aspiração dos padrões de calibração e das amostras foi ajustada em  $2,2 \pm 0,2 \text{ mL min}^{-1}$ . Todas as determinações foram feitas de acordo com as recomendações do fabricante (Tabela 1).

Tabela 1. Condições instrumentais

<b>Condições instrumentais</b>	<b>Cádmio</b>	<b>Chumbo</b>	<b>Cromo</b>
Comprimento de onda (nm)	228,8	217,0	357,9
Corrente da lâmpada (mA)	4,0	10,0	7,0
Resolução espectral (nm)	0,5	1,0	0,2
Gases Combustível/Oxidante	Acetileno/Ar	Acetileno/Ar	Acetileno/Ar
Estequiometria da chama	Oxidante	Oxidante	Redutora

## 2.2 Reagentes, soluções e amostras

Para o preparo dos padrões de calibração e das amostras foi utilizada água deionizada tipo II (resistividade  $18,2 \text{ M}\Omega \text{ cm}$ ) obtida em um sistema deionizador modelo Synergy (Millipore®, Molsheim, França).

Soluções 65% (v:v) de ácido nítrico (Qhemis, São Paulo, Brasil) e 30% (v:v) de peróxido de hidrogênio (Synth, São Paulo, Brasil) foram utilizadas no preparo das amostras.

Os padrões de calibração foram preparados por meio de diluições sucessivas de padrões espectroscópicos  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  (SpecSol, São Paulo, Brasil) em meio aquoso. Os testes de adição e recuperação foram feitos por meio da adição de volumes previamente calculados dos padrões espectroscópicos.

Todas as vidrarias e frascos foram primeiramente lavados com detergente comum e enxaguados com água corrente. Em seguida, foram imersos em uma solução 1,0 % (v:v) de

Extran Alcalino MA 01 (Merck<sup>®</sup>, Darmstadt, Alemanha) por 24 h e, enxaguados com água corrente. Posteriormente, foram imersos por 24 h em solução de HNO<sub>3</sub> 10 % (v:v) e enxaguados com água deionizada.

Foram coletados três diferentes lotes de vinte marcas de rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no Estado de Mato Grosso entre os períodos chuvosos e de estiagem em agosto de 2014 (primeiro lote), fevereiro de 2015 (segundo lote) e agosto de 2015 (terceiro lote) em estabelecimentos comerciais do Estado, sendo: quatro amostras de suplemento mineral para bovino de corte, cinco amostras de suplemento mineral para bovino de leite, seis amostras de ração mineralizada para bovino de corte e cinco amostras de ração mineralizada para bovino de leite. Todas as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos transparentes previamente identificados e foram armazenadas em temperatura ambiente.

### **2.3 Procedimento de preparo de amostras**

As amostras foram homogeneizadas, pulverizadas em almofariz e peneiradas em peneira granulométrica com malha de 0,150 mm e secas em estufa a 60 °C até massa constante. Após esta etapa, 0,5 g das amostras secas foram transferidas para tubos digestores e, em seguida, foram adicionados 5,0 mL de solução de HNO<sub>3</sub> 65% (v:v) e 1,0 mL de solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% (v:v). Posteriormente, os tubos foram levados a aquecimento em bloco digestor numa temperatura de 120 °C para a digestão das amostras por aproximadamente 6 horas. Após o arrefecimento, os digeridos foram filtrados em papéis de filtro quantitativos, transferidos quantitativamente para balões volumétricos de 50 mL e diluídos até a marca de aferição com água deionizada (Li et al., 2005; Peters, 2003).

## 2.4 Parâmetros instrumentais, testes de adição e recuperação e quantificação dos analitos nas amostras

Para a determinação dos parâmetros instrumentais, testes de adição e recuperação e quantificação dos analitos, foram construídas curvas analíticas utilizando o método de padronização externa (Skoog, 2006), com as seguintes faixas de concentração: 0,01 – 0,2 mg L<sup>-1</sup> de Cd; 0,25 – 3,0 mg L<sup>-1</sup> de Pb; 0,1 – 2,0 mg L<sup>-1</sup> de Cr.

Os limites de detecção (LDI) e de quantificação (LQI) instrumentais foram determinados por meio das Equações 1 e 2 conforme recomendado por Currie (1999). A linearidade instrumental foi determinada por meio do cálculo dos coeficientes lineares de Pearson (*r*) (Skoog, 2006). A precisão instrumental dos analitos foi calculada a partir do desvio padrão relativo (% DPR) de dez medidas consecutivas (*n* = 10) de uma amostra aleatória.

$$LD = 3,3 \times \frac{s}{S} \quad \text{Equação 1}$$

$$LQ = 10 \times \frac{s}{S} \quad \text{Equação 2}$$

Onde *s* é a estimativa do desvio padrão da resposta, que pode ser a estimativa do desvio padrão do branco, da equação da linha de regressão ou do coeficiente linear da equação e *S* é a inclinação ou coeficiente angular da curva analítica.

A exatidão e a precisão do método foram avaliadas por meio do teste de adição e recuperação dos analitos em um nível de fortificação de 50% da concentração previamente avaliada. O teste foi feito em um lote de três diferentes marcas de rações e suplementos mineralizados para bovinos de corte e de leite (Tabela 2).

Tabela 2. Níveis de fortificação dos analitos utilizados no teste de adição e recuperação

Metais	Concentração adicionada (mg kg <sup>-1</sup> )		
	RMBC	RMBL	SMBL
Cd	2,00	3,00	4,00
Pb	7,00	7,50	26,0
Cr	4,00	4,00	5,00

RMBC = Ração Mineral para Bovino de Corte/ RMBL = Ração Mineral para Bovino de Leite/ SMBL = Suplemento Mineral para Bovino de Leite.

Após a fortificação das amostras, os recipientes foram cobertos e permaneceram em repouso por 24 horas a fim de garantir a completa interação entre os analitos e as amostras. Em seguida, as amostras foram decompostas por via úmida. Todas as determinações foram feitas em triplicata acompanhadas de um branco analítico.

Os resultados obtidos foram comparados com os valores indicados pela Legislação Internacional sobre nutrição animal (NRC, 2000; European Commission, 2003) e também com outros trabalhos existentes na literatura nacional e internacional. A fim de verificar a existência de diferenças significativas entre as amostras com relação à concentração de cada um dos metais, foi feita a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) utilizando o programa ASSISTAT<sup>®</sup> versão 7.7 beta.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Parâmetros instrumentais e testes de adição e recuperação

Para os intervalos de concentração avaliados, os valores dos coeficientes de correlação linear ( $r$ ) foram superiores a 0,99 (Tabela 3) indicando uma excelente correlação entre a absorbância e a concentração dos analitos (mg L<sup>-1</sup>), atendendo às recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) de  $r \geq 0,99$  e do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO, 2003) de  $r \geq 0,90$ .

Tabela 3. Parâmetros instrumentais.

Analito	r	Precisão instrumental (% DPR, $n = 10$ )	LDI	LQI
			mg kg <sup>-1</sup>	
Cr	0,9999	6,24	0,36	1,07
Cd	0,9990	6,72	0,18	0,54
Pb	0,9998	3,36	0,64	1,93

LDI: Limite de detecção instrumental; LQI: Limite de quantificação instrumental; r: Coeficiente de correlação linear.

Os limites de detecção e quantificação instrumentais foram inferiores a 1,93 mg kg<sup>-1</sup>, o que permite quantificar os analitos nas amostras de formulações minerais de acordo com os limites máximos recomendados pela legislação. A precisão instrumental apresentou valores inferiores a 7,0%.

A porcentagem de recuperação dos analitos variaram de 72 a 113%, com % DPR inferiores a 11% (Tabela 4).

Tabela 4. Porcentagem de recuperação de cádmio, chumbo e cromo em mg.kg<sup>-1</sup> (valor médio ± desvio padrão relativo %).

Metais	Porcentagem de recuperação ± % DPR		
	RMBC	RMBL	SMBL
Cd	78 ± 9	75 ± 5	104 ± 9
Pb	111 ± 4	113 ± 3	81 ± 5
Cr	85 ± 11	86 ± 8	72 ± 3

RMBC = Ração Mineral para Bovino de Corte/ RMBL = Ração Mineral para Bovino de Leite/ SMBL = Suplemento Mineral para Bovino de Leite.

Para níveis de fortificação com concentrações de mg kg<sup>-1</sup>, a porcentagem de recuperação permitida pode variar de 80 a 110% com % DPR de até 11% (Taveniers et al., 2004). Porém, dependendo do tipo e complexidade da matriz, propósito da análise e método analítico utilizado são permitidas recuperações entre 50 e 120% com precisão de até ± 15% (Ribani et al., 2004). Sendo assim, os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que o método utilizado neste trabalho possui exatidão e precisão adequadas para a quantificação dos analitos nas amostras avaliadas.

### **3.2 Determinação de Cd, Pb e Cr em amostras de rações e suplementos minerais bovinos**

As concentrações dos metais potencialmente tóxicos, Cd, Pb e Cr quantificadas nas amostras de suplementos e rações mineralizadas para bovinos de corte e de leite, bem como, os valores máximos permitidos pela Legislação Internacional, uma vez que o Brasil não possui nenhuma Legislação sobre estes contaminantes na alimentação para bovinos apesar de ser um dos principais produtores mundiais de carne e leite, são apresentadas na Tabela 5.

Não houve diferença significativa entre as concentrações de cada metal nas amostras de suplementos minerais ( $p > 0,05$ ). Já nas amostras de rações mineralizadas para bovinos de corte e de leite foram verificadas diferenças significativas entre as concentrações dos analitos ( $p < 0,05$ ), o que pode ser atribuído à heterogeneidade das amostras e aos diferentes níveis de adição de fósforo utilizados neste tipo de alimentação bovina que variam de acordo com a exigência nutricional do animal (Nicodemo, 2001).

Tabela 5. Concentração de Cd, Pb e Cr nas amostras de suplementos e rações mineralizadas para bovinos de corte e de leite produzidas no Estado de Mato Grosso, Brasil (valor médio em  $\text{mg kg}^{-1} \pm \text{DP}$ ,  $n=3$ ).

Amostras	Concentração ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) $\pm$ DP		
	Cd	Pb	Cr
1 SMBC	4,16 <sup>a</sup> $\pm$ 0,75	21,85 <sup>a</sup> $\pm$ 2,99	10,94 <sup>a</sup> $\pm$ 0,98
2 SMBC	4,01 <sup>a</sup> $\pm$ 0,99	25,11 <sup>a</sup> $\pm$ 2,79	10,69 <sup>a</sup> $\pm$ 1,00
3 SMBC	3,20 <sup>a</sup> $\pm$ 1,41	20,51 <sup>a</sup> $\pm$ 2,40	6,39 <sup>a</sup> $\pm$ 1,47
4 SMBC	6,09 <sup>a</sup> $\pm$ 2,52	31,21 <sup>a</sup> $\pm$ 7,71	7,76 <sup>a</sup> $\pm$ 0,73
5 SMBL	4,10 <sup>a</sup> $\pm$ 0,47	21,42 <sup>a</sup> $\pm$ 1,49	11,62 <sup>a</sup> $\pm$ 1,38
6 SMBL	4,14 <sup>a</sup> $\pm$ 0,23	21,76 <sup>a</sup> $\pm$ 0,68	9,59 <sup>a</sup> $\pm$ 2,82
7 SMBL	5,90 <sup>a</sup> $\pm$ 2,32	33,08 <sup>a</sup> $\pm$ 12,27	10,40 <sup>a</sup> $\pm$ 1,07
8 SMBL	4,33 <sup>a</sup> $\pm$ 1,06	20,46 <sup>a</sup> $\pm$ 4,67	9,13 <sup>a</sup> $\pm$ 4,70
9 SMBL	4,50 <sup>a</sup> $\pm$ 1,06	19,59 <sup>a</sup> $\pm$ 3,39	10,99 <sup>a</sup> $\pm$ 1,76
1 RMBC	2,46 <sup>b</sup> $\pm$ 0,60	11,80 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,27	3,32 <sup>b</sup> $\pm$ 1,44
2 RMBC	2,59 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,45	5,37 <sup>b</sup> $\pm$ 1,17	3,53 <sup>b</sup> $\pm$ 2,32
3 RMBC	3,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,30	14,65 <sup>a</sup> $\pm$ 0,96	9,51 <sup>a</sup> $\pm$ 1,13
4 RMBC	1,21 <sup>c</sup> $\pm$ 0,17	11,70 <sup>ab</sup> $\pm$ 4,26	$\leq$ LQI
5 RMBC	2,36 <sup>b</sup> $\pm$ 0,54	10,94 <sup>ab</sup> $\pm$ 6,62	2,83 <sup>b</sup> $\pm$ 0,18
6 RMBC	$\leq$ LQI	3,20 <sup>b</sup> $\pm$ 0,94	$\leq$ LQI
7 RMBL	$\leq$ LQI	8,04 <sup>ab</sup> $\pm$ 1,35	$\leq$ LQI
8 RMBL	1,16 <sup>c</sup> $\pm$ 0,04	8,02 <sup>ab</sup> $\pm$ 4,23	$\leq$ LQI
9 RMBL	$\leq$ LQI	4,89 <sup>b</sup> $\pm$ 0,18	$\leq$ LQI
10 RMBL	$\leq$ LQI	7,45 <sup>ab</sup> $\pm$ 4,31	$\leq$ LQI
11 RMBL	$\leq$ LQI	$\leq$ LQI	$\leq$ LQI
NMT ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) <sup>1</sup>	0,5	30	1000
NMT ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) <sup>2</sup>	1,0	5,0	1000

SMBC: Suplemento Mineral para Bovino de Corte; SMBL: Suplemento Mineral para Bovino de Leite; RMBC: Ração Mineral para Bovino de Corte; RMBL: Ração Mineral para Bovino de Leite; NMT: Nível Máximo Tolerável 1. National Research Council, (2001) e 2. European Union Commission (2003). <sup>a,b,c</sup> Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as médias em uma mesma coluna são indicadas por letras diferentes (o tratamento estatístico foi feito separadamente para suplementos e rações).

Os teores médios de Cd encontrados nas amostras de suplementos minerais para bovinos de corte e de leite foram superiores aos níveis máximos toleráveis (NMT) estabelecidos pelas legislações sobre nutrição animal da NRC (2000) e União Europeia (2003). Para as amostras de rações mineralizadas, com exceção das que ficaram abaixo do limite de quantificação instrumental, as concentrações encontradas também se apresentaram acima do permitido pela legislação.

A suspeita das elevadas concentrações de Cd encontradas nas rações e suplementos mineralizados, pode estar associadas às fontes de minerais utilizadas para a composição destas misturas, especialmente de fósforo, uma vez que este é o nutriente de maior



importância pelas funções desempenhadas no organismo animal e, o principal responsável pelo elevado custo do produto final (Lopes, 2001; Teixeira, et al. 2005). Por isto, as indústrias produtoras aliadas à alteração da Portaria SRD nº 20 de 06 de julho de 1997 passaram a utilizar fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatos de rochas, fosfatos agrícolas e ácido fosfórico importado, na produção de alimentação animal com intuito de minimizar custos e garantir vendas, o que pode contribuir para a contaminação química por metais tóxicos, como o cádmio (Gonçalves, et al. 2010).

Vale salientar que as amostras identificadas como 4SMBC e 7SMBL, que apresentaram as maiores concentrações de Cd são suplementos minerais concentrados que são misturados diretamente ao sal branco em cocho pelos pecuaristas, possuindo em sua formulação maior concentração de fósforo, de aproximadamente  $163 \text{ g kg}^{-1}$  do produto (teor mínimo rotulado). As demais amostras são suplementos e rações minerais prontos para o consumo, sem necessidade de preparo prévio. Os resultados sugerem o uso de fontes de fósforo ricas em impurezas, como o metal tóxico cádmio, e também que a concentração do contaminante aumenta de acordo com a concentração de fósforo presente na amostra (Figura 1).

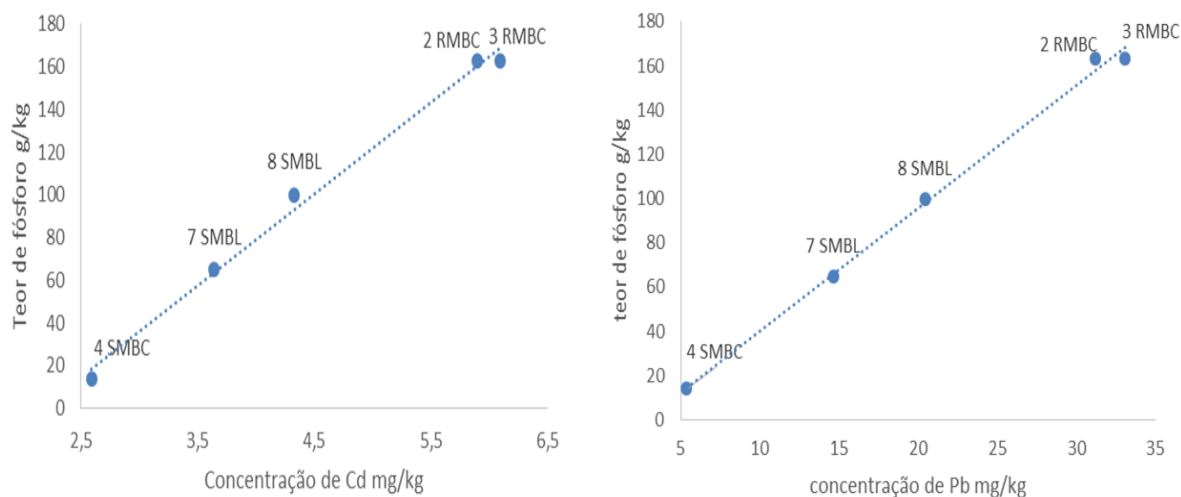


Figura 1. Relação entre o teor de fósforo rotulado (g/kg) e as concentrações de Cd e Pb (mg/kg) quantificadas experimentalmente nas amostras.

O teor de Cd encontrado nas amostras é preocupante, visto que em bovinos, este contaminante pode causar severas alterações patológicas, como disfunção renal, necrose testicular, arteriosclerose entre outros, além de acumular-se nos produtos e subprodutos oriundos destes rebanhos e, por conseguinte atingir os seres humanos através da cadeia alimentar, pelo consumo de carne, leite e seus derivados (Passagli e Paula, 2011; Ammerman, et al. 1977; Gonçalves, et al. 2007; 2010).

Outros trabalhos da literatura nacional e internacional observaram este mesmo comportamento para o Cd em suplementos e rações mineralizadas para bovinos, também indicando o uso de matéria prima contaminada por este elemento potencialmente tóxico.

Marçal et al. (2003d) determinaram a concentração de Cd em 37 amostras de misturas minerais para bovinos de diferentes Estados, inclusive em Mato Grosso e verificaram que os valores variaram de 0,5 a 11,2 mg kg<sup>-1</sup>, encontrando valores mais elevados que os resultados do presente estudo. Buture e Marçal (2005) também avaliaram o teor de Cd em 30 diferentes marcas de formulações minerais para bovinos comercializados no Estado do Paraná e constataram que todas as amostras analisadas apresentaram concentração acima do valor

máximo estipulado pelo NRC (2000), reforçando a suspeita de uso de fontes alternativas de fósforo, em função do menor preço. Gonçalves et al. (2010) ao determinarem o teor de cádmio em suplementos minerais bovinos encontraram concentrações com valores variando de 0,5 a 22 mg kg<sup>-1</sup>. Belivermiş et al. (2011) determinaram a concentração de Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn em amostras de rações bovinas da região de Thrace na Turquia e verificaram que a concentração de Cd nas amostras estava acima do permitido pela Legislação Internacional.

Para o chumbo, os teores médios encontrados ficaram acima do NMT de 30,0 mg kg<sup>-1</sup> estabelecido pelo NRC (2000) em duas das nove amostras avaliadas (4 SMBC e 7 SML) de suplementos mineralizados para bovinos de corte e de leite e, abaixo deste limite em todas as amostras de rações mineralizadas. Porém, em relação ao valor recomendado pela União Europeia (2003), que é de 5,0 mg kg<sup>-1</sup>, verificou-se que os teores médios das nove amostras de suplementos mineralizados e oito das onze amostras de rações mineralizadas para bovinos de corte e de leite encontram-se acima do NMT preconizado.

Estes resultados indicam que a maioria das misturas minerais para bovinos avaliadas apresentaram concentrações de chumbo acima dos valores permitidos, o que também pode estar associado ao uso de fontes alternativas de fósforo contaminadas por metais tóxicos (Gomes, et al., 2013). O Pb é a causa comum de intoxicação em bovinos e, também pode se acumular nos tecidos destes animais e conseqüentemente atingir o homem através do consumo de produtos e subprodutos, como a carne e o leite, o que representa risco a saúde pública (Marçal et al., 2003b). Além disso, deve-se ressaltar que o chumbo pode ser eliminado pelas fezes dos bovinos, ocasionando a contaminação das pastagens (Gonçalves, et al. 2010).

Da mesma maneira que o Cd, o Pb também apresentou concentrações mais elevadas nas amostras 4SMBC e 7SMBL, o que reforça os indícios de uso de matéria prima de baixa qualidade em termos de impurezas.

Marçal et al. (2003c) determinaram a concentração de Pb em diferentes formulações minerais comercializadas no Estado de São Paulo, e verificaram que das 24 amostras analisadas, 16 tiveram valores superiores aos NMT recomendado pelo NRC (2000). Os mesmos autores, Marçal et al. (2003b), determinaram a concentração de Pb em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul e de 19 amostras analisadas, onze apresentaram valores acima do permitido pelo NRC (2000). Gonçalves et al. (2010), encontraram teores de chumbo que variaram de 0,33 a 449,00 mg kg<sup>-1</sup>. Li et al. (2005), determinaram a concentração de Zn, Cu, Cd, Pb, Cr e As em diferentes tipos de alimentação para bovinos, inclusive a ração mineralizada na cidade de Wiscosin -USA e foram detectadas elevadas concentrações de Pb, principalmente no mix mineral.

O cromo apresentou teores médios que variaram de 6,39 a 11,62 mg kg<sup>-1</sup> para amostras de suplementos mineralizados e <LQI a 9,51 mg kg<sup>-1</sup> para amostras de rações mineralizadas. Estes valores não ultrapassaram os NMT estabelecido pelo NRC (2000), que é de 1000,0 mg kg<sup>-1</sup>. Porém, metais tóxicos quando presentes, mesmo em concentrações baixas podem promover bioacumulação na cadeia alimentar causando intoxicações a médio e longo prazos, transformando baixas concentrações em concentrações tóxicas para as espécies da biota (Andrade, 2011; Marengoni et al., 2013). Elevadas concentrações de Cr podem causar doenças e alterações metabólicas sendo mutagênico, carcinogênico e teratogênico a uma ampla variedade de organismos (Peixoto et al., 2005; Haddad e Alves, 2006; Passagli e Paula, 2011) No entanto, o cromo é largamente usado na alimentação para bovinos em situação de estresse emocional, físico e metabólico, podendo desempenhar papel benéfico, principalmente para o gado leiteiro. O uso desta espécie metálica para tal fim tem sido amplamente discutido

por pesquisadores. Gomes et al. (2013) encontraram teores de Cr em suplementos mineralizados utilizados por produtores de leite brasileiros, variando entre 1,67 e 51,33 mg kg<sup>-1</sup>, também abaixo do NMT preconizado pela Legislação.

#### **4 Conclusão**

Os suplementos e rações mineralizadas utilizados na alimentação do gado de corte e de leite do Estado de Mato Grosso contêm concentrações de Cd e Pb acima dos valores máximos permitidos pelas Legislações internacionais vigentes, o que sugere que matérias-primas com alto teor de impurezas, à base de fosfato de rochas, fosfato agrícola ou ácido fosfórico contaminadas por estes elementos tóxicos estão sendo usadas nas suas formulações.

Neste contexto, dada a importância do Brasil e do Estado de Mato Grosso na produção mundial de carne e de leite torna-se necessária maior fiscalização da matéria-prima utilizada na fabricação destes produtos, uma vez que o crescimento da comercialização dos mesmos pode contribuir para a presença destes metais tóxicos na alimentação bovina e, conseqüentemente, por meio dos efeitos da bioacumulação e biomagnificação, nos produtos alimentícios oriundos destes rebanhos.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Laboratório de Análises de Contaminantes Inorgânicos do Departamento de Química da UFMT – Campus Cuiabá e ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica a D.L.M e à CAPES/FAPEMAT pela bolsa de mestrado concedida a K.S.S.

## Referências

ANVISA, 2003. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RE n. 899, de 29/05/2003.

Amaral, T.B., Corrêa, E.S., Costa, F.P., 2005. Suplementação alimentar de vacas de cria: quando e por que fazer? Campo Grande, MS, Embrapa Gado de Corte.

Ammerman, C.B., Miller, S.M., Fick, R.M., Hansard, S.L., 1977. Contaminating elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. J. Anim. Sci. 44, 485-508.

Andrade, M.G, 2011. Elementos-traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em latossolos e plantas de milho após treze aplicações anuais de lodo de esgoto. Jaboticabal, 2011. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

Avelar, A.C., 2008. Análises de fontes de fósforo na nutrição animal: técnicas nucleares e correlatas em estudo com coelhos. 68 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

Belivermiş, M., Kiliç, O., Engizek, T., Ergenç, S., Çayir, A., 2011. Trace element concentrations in animal feed samples from Thrace region, Turkey. IUFS, J Biol., 70, 1-10.

Brasil, 1997. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SRD nº 20 de 06 de julho de 1997. Libera o uso de fontes alternativas de fósforo a partir de fosfatos de rochas. Brasília.

Brasil, 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDR nº 06 de 04 de fevereiro de 2000. Libera uso de fosfatos não tradicionais na alimentação de bovinos. Brasília.

Buture, I.O., Marçal, W.S., 2005. Teores de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados no Estado do Paraná. Arch. Vet. Sci. 10, 51-45.

Currie, L. A., 1999. Detection and quantification limits: origins and historical overview. Anal. Chim. Acta. 391, 127-134.

European Commission, 2003. Opinion of the scientific committee on animal nutrition on undesirable substances in feed. European Commission, Health and Consumer Protection Directorate, Brussels, Belgium.

Fernandes, B.A., Luz, W.V., Fontes, M.P.F., Fontes, L E.F., 2006. Avaliação da concentração de metais tóxicos em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. Campina Grande. 11, 81-93.

Gomes A.C.S., Lindino, C.A., Gonçalves Jr, A.C., Gomes, G.D., 2013. Determinação de Cd, Cr e Pb no leite e na alimentação bovina do Brasil. Rev. Inst. Adolfo Lutz. São Paulo, 72,231-238.

Gonçalves, J. R.; Gonçalves, R. M; Gonçalves, R. M., 2010. Cádmio, Chumbo e Solubilidade do Fósforo em Suplementos Minerais Bovinos Comercializados em Goiás. **RPQ**. Anápolis, 7, 68-77.

Gonçalves, J.R., 2007. Determinação de Pb, Cd, Fe, Zn e Cu em carnes de bovinos e Pb, Cd e P em suplementos minerais no Estado de Goiás. 132p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Haddad, C. M.; Alves, F. V., 2006. Novos Conceitos e Tecnologias na Suplementação Mineral de Bovinos. In: II Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal. 10 a 13 abr. 2006, São Paulo.

Hoffmann, A., Moraes, E.H.B.K., Mousquer, C.J., Simioni, T.A., Junior Gomes, F., Ferreira, V.B., Silva, H.M., 2014. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. *Nativa*. 2, 119-130.

IBGE, 2014 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da Produção Pecuária: Pesquisa trimestral do abate de animais, leite, couro e ovos de galinha. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/producaoagropecuaria>>. Acesso em: ago. 2015.



IMEA, 2014. Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. Agronegócio em Mato Grosso.

INMETRO, 2003. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos, DOQ-CGCRE-008.

Li, Y., Mccrory, D.F., Powell, J.M., Saam, H., Jackson-Smith, D., 2005. A Survey of Selected Heavy Metal Concentrations in Wisconsin Dairy Feeds, *J. Dairy Sci.*, 88, 2911–2922.

Lodoño Hernández, F.I., Mânico, A.B., Ferreira, A.S., 2001 Suplementação mineral para gado de corte; novas estratégias. Viçosa: Aprenda Fácil.

Lopes, H.O.S., 2001 Fontes alternativas de fósforo para redução de custos do sal mineral para bovinos. Planantina: Embrapa Cerrados, 44.

Marçal, W.S., Gaste, L., Nascimento, M.R.L., Liboni, L., Gomes, G.P., 2003a. Cadmium concentration in mineral salt mixtures used as supplementation in beef cattle food. *Vet. Arhiv.* 73, 47-53.

Marçal, W.S., Gaste, L., Nascimento, M.R.L., Oliveira, H.S., 2003b. Teores de chumbo em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul. *Cienc. Rural, Santa Maria*, 33,775-778.

Marçal, W.S., Gaste, L., Pardo, P.E., Neto, O.C., 2003c. Identificação e quantificação de metal pesado em formulações minerais comercializadas no Estado de São Paulo. Rev. Educ. Contin. CRMV-SP, São Paulo. 6, 103-109.

Marengoni, N.G., Klosowski, E.S., Oliveira, K.P., Chambo, A.P.S., Gonçalves Junior, A.C., 2013. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. Quím. Nova. São Paulo, 36, 359-363.

Moraes, A.L., 2012. Suplementação de bovinos de corte em sistema de pastejo. Ensaios e C. 16, 97-112.

NRC, 2000. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7 Revised Edition.

Nicodemo, M.L.F., 2001. Cálculo de mistura mineral para bovinos. Campo Grande-MS, 109, 1-25.

Passagli, M., Paula, W.X., 2011. Toxicologia Forense: Teoria e prática. Tóxicos metálicos. 3.ed., Campinas SP: Millenium. 311-324.

Peixoto, P.V., Malafaia, P., Barbosa, J.D.;, Tokarnia, C.H., 2005. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. Pesqui. Vet. Bras. Rio de Janeiro. 25, 195-200.

Pereira, J. C., 2000. Vacas leiteiras: aspectos práticos da alimentação. Viçosa: Aprenda Fácil, 1-198.

Peters, J. B., ed. 2003. Recommended Methods of Manure Analysis. UW Ext. Publication A3769 Cooperative Ext. Publ. Operations, Madison, WI.

Ribani, M, Bottoli, C.B.G., Collings, C.H., Jardim I.C.S.F., Mello S.F.C., 2004. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. Quím Nova 27, 771-781.

Skoog, D.A, West, D.M, Holler, F.J., Crouch, S.R., 2006. Fundamentos de química analítica: Pioneira Thomson Learning, São Paulo

Souza, M.V., Vianna, M.W.S., Zandim, B.M., Fernandes, R.B.A., Fontes, M.P.F., 2009. Metais tóxicos em amostras biológicas de bovinos. Ciênc. Rural. Santa Maria. 39, 1774-1781.

Taverniers, I., Loose, M.D., Bockstaele, E.V., 2004. Trends in quality in the analytical laboratory, II. Analytical method validation and quality assurance. Trends in Anal Chem 23, 535-550.

Teixeira, A.O., Lopes, D.C., Ribeiro, M.C.T, Lopes, J.B., Ferreira, V.P.A., Vitti, D.M.S.S. Moreira, J.A., Pena, S.M., 2005. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos suínos. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 57, 502-509.

USDA, 2015. United States Department of Agriculture. Dairy and Livestock. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. PSD: production, supply and distribution online. Reports. Washington.