

## Elementos tóxicos presentes em fosfatos, calcário e farinha de ossos

### *Toxic Elements in phosphates, limestone and bone meal*

AVELAR, Artur Canella<sup>1\*</sup>; FERREIRA, Walter Motta<sup>1</sup>; BRITO, Walter de<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Laboratório de Cunicultura, Nuclear, Pampulha, Belo Horizonte, Brasil.

<sup>2</sup>Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Pampulha, Belo Horizonte, Brasil.

\*Endereço para correspondência: avelara@ufmg.br

### RESUMO

Objetivou-se identificar elementos tóxicos presentes nos seguintes produtos intensivamente utilizados na agropecuária brasileira: fosfato bicálcico, fosfato supertriplo, fosfato supersimples, fosfato monoamônico, fosfosulfato de amônio, polifosfato de cálcio e amônio, sal mineral bovino artesanal, farinha de ossos e calcário. Para a detecção dos elementos tóxicos utilizou-se as técnicas de difratometria de raios-x, absorção atômica de forno de grafite, colorimetria, gravimetria e ativação neutrônica. Foram detectados diversos elementos tóxicos, assim classificados conforme a agência norte americana de registro de substâncias tóxicas e doença relacionadas - ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) como alumínio, arsênio, bário, cério, césio, cobalto, flúor, estrôncio, tório, urânio, vanádio e zinco. Também foram observadas elevadas concentrações de silício na forma de quartzo na farinha de ossos e no sal mineral bovino. O fosfato bicálcico é o produto que apresenta a menor presença de elementos tóxicos.

**Palavras-chave:** arsênio, flúor, fósforo, tório, urânio

### SUMMARY

This study was conducted with the aim of identifying toxic elements present in products largely used in Brazilian agriculture and livestock: dicalcium phosphate, supertriple phosphate, supersimple phosphate,

monoammonium phosphate, sulphur amonium phoshphate, ammoniated calcium polyphosphate, a farm-made bovine mineral supplement, a bone meal and a limestone. Many techniques were employed in such analyses: X-ray diffractometry, atomic absorption, colorimetric and gravimetric techniques and instrumental neutron activation. It was detected many elements classified as hazard and toxic elements by the (United States) ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry such as aluminum, arsenic, barium, cerium, cesium, cobalt, fluoride, strontium, thorium, uranium, vanadium and zinc. It has also noted a high presence of Si as quartz in the bone meal and in the bovine mineral supplement. Bicalcic phosphate presents the smallest presence of hazardous elements.

**Keywords:** arsenic, fluorine, phosphorus, thorium, uranium

### INTRODUÇÃO

A deficiência de fósforo atua como um severo constritor para a produção vegetal e animal, especialmente para bovinos em pastagens tropicais, onde solos e pastos possuem baixos valores de fósforo ou fósforo de baixa biodisponibilidade (TOKARNIA et al, 2000).

Em todo o mundo, os fosfatos e seus ácidos são as principais fontes de fósforo nas atividades agropecuárias (FAO, 2004).

A indústria brasileira de rocha fosfática está concentrada nos estados de Minas Gerais (Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba), Goiás e São Paulo (DNPM, 2006). Todavia, a produção nacional não é suficiente para atender a atual demanda, o que tem influenciado o país a se tornar o maior importador mundial de produtos fosfatados dos Estados Unidos (AVELAR et al., 2007).

Em outubro de 2007, o preço médio dos fosfatos alcançou o recorde dos últimos dez anos, devido à alta do preço dos produtos agrícolas como soja, milho e trigo, o que impulsionou a demanda por fertilizantes tanto na Europa como nos Estados Unidos. O preço médio dos fertilizantes fosfatados aumentou 67% no período 2006-2007, chegando ao valor recorde de US\$ 470 / tonelada em outubro de 2007 (BLAS, 2007).

Com a elevação do preço das fontes tradicionais de fósforo, discute-se cada vez mais o uso de produtos alternativos na formulação de dietas para animais; porém, a segurança desses produtos não é completamente conhecida. Um aspecto a ser observado na busca de fontes de fósforo é a presença de contaminantes, elementos não essenciais e possivelmente tóxicos, presentes nas fontes inorgânicas de fósforo. Praticamente toda rocha fosfática possui elementos tóxicos em sua constituição, como arsênio, cádmio, flúor e urânio (CHEN et al., 2007; FAO, 2004; MARÇAL et al., 2003; PÉREZ-LÓPEZ et al., 2007).

Objetivou-se quantificar diversos elementos tóxicos, ou elementos em concentrações que os tornem nocivos à saúde animal através de métodos analíticos nucleares e convencionais, presentes no calcário, farinha de ossos bovinos calcinada e nos fosfatos usados na agropecuária brasileira.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O fosfato bicálcico, fosfato supertriplo, fosfato supersimples, fosfato monoamônico, fosfosulfato de amônio, polifosfato de cálcio e amônio, sal mineral bovino, calcário e farinha de ossos foram adquiridos no mercado de Uberlândia, Minas Gerais.

Foram retiradas amostras de 1000 gramas de cada pacote comercial. Amostras representativas de 100 gramas foram moídas em moinho elétrico com o intuito de se obter uma granulometria de 0,063mm (#250 na escala Tyler mesh) em mais de 90% dos grãos. O fosfato foi misturado, homogeneizado e encaminhado para análises consideradas a seguir: potenciometria (F<sup>-</sup>); difratometria de raios-x pelo método do pó (fases cristalinas) conforme FAO (2004); gravimetria (SiO<sub>2</sub>), fósforo por colorimetria com fosfomolibdato (CHEN et al., 2007). Arsênio, bário, cério, césio, cobalto, estrôncio, tório, urânio, vanádio e zinco pela técnica nuclear de análise por ativação neutrônica no reator nuclear IPR-R1 do CDTN/CNEN (AVELAR et al, 2008; YABUSHITA et al, 2003) e Espectrofotometria de absorção atômica – cálcio e alumínio (CATARINO et al, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os produtos foram caracterizados qualitativamente (Tabela 1) pela análise cristalográfica de difratometria por raios x pelo método do pó. As análises por difratometria de raios x, potenciometria, gravimetria e colorimetria foram realizadas no Setor de Caracterização de Minerais da TR 2 – Serviço de Química e Radioquímica. A técnica de Ativação Neutrônica foi realizada no Setor de Radioanálises da TR4. Todos os

laboratórios pertencem ao Centro de desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da Comissão Nacional

de Energia Nuclear (CDTN/CNEN, Campus Pampulha da UFMG, Belo Horizonte, MG).

Tabela 1. Características minerais das fontes de fósforo e cálcio analisadas

Produto	Fase Cristalina (cristal, c)		
	Predominante (c>30%)	Maior (30%>c>10%)	Menor (10%>c>3%)
F. Bicálcico	Monetita (CaHPO <sub>4</sub> )	-	Anidrita (CaSO <sub>4</sub> ) Apatita (Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Cl, F, OH)) Gipso (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)
F. Mono-amônico	Bifosfammita (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	-	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
F. Supersimples	Anidrita (CaSO <sub>4</sub> )	Bifosfammita (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	Bassanita (2CaSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O)
F. Supertriplo	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ).2H <sub>2</sub> O	-	Brushita (CaHPO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O) Anidrita (CaSO <sub>4</sub> )
F. Sulfato amônio	Bifosfammita (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	Mascagnita ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	N <sub>2</sub> H <sub>6</sub> SO <sub>4</sub>
Polifosfato de amônio e cálcio	<i>Flatt's salt</i> (NH <sub>4</sub> Ca <sub>2</sub> H <sub>7</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O)	Bifosfammita (NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	Apatita (Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Cl, F, OH))
Sal mineral bovino	Apatita (Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Cl, F, OH))	-	Quartzo (SiO <sub>2</sub> ) Calcita (CaSO <sub>4</sub> ) Dolomita (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )
Farinha de ossos	Apatita (Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (Cl, F, OH))	-	Quartzo (SiO <sub>2</sub> )
Calcário calcítico	CaCO <sub>3</sub> (Calcita)	-	-

Os fosfatos monoamônico e o fosfato sulfato de amônio apresentaram como estrutura cristalina predominante a bifosfammita; possuem baixa concentração de Ca, uma vez que este elemento não está presente nesse cristal majoritário destes fosfatos.

A concentração de fósforo presente no fosfato supersimples é a menor entre

todos os produtos analisados. Isto se deve ao fato que o supersimples tem a anidrita (CaSO<sub>4</sub>) como estrutura cristalina majoritária, molécula onde não há a presença de fósforo; é notável a grande presença de enxofre neste fosfato, S proveniente da anidrita (Tabela 1). O fosfato sulfato de amônio, também apresenta a mascagnita ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

como fase cristalina maior (entre 10% e 30% do total). O governo norte americano possui uma agência específica para o registro de substâncias tóxicas e doenças associadas a estas substâncias, *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2007). Esta agência publica a cada dois anos uma lista das substâncias

de maior risco à saúde humana e ao meio-ambiente, *CERCLA Priority List of Hazardous Substances*. Estão registradas 275 substâncias entre orgânicas e inorgânicas (ATSDR, 2007). Muitas das substâncias listadas na CERCLA foram identificadas e quantificadas neste estudo (Tabelas 2, 3 e 4).

Tabela 2. Concentrações de fósforo, cálcio, fluoreto, alumínio, sílica, nos produtos analisados (dados em %), n=3

Produto	P	Ca	F <sup>-</sup>	Al	SiO <sub>2</sub>
F. Bicálcico	19,4 ± 0,2	28,0 ± 0,3	0,23 ± 0,02	< 0,05	0,21 ± 0,05
F. Monoamônico	22,3 ± 0,2	1,4 ± 0,2	0,31 ± 0,03	< 0,05	0,26 ± 0,05
F. Supersimples	7,8 ± 0,1	18,7 ± 0,3	0,17 ± 0,03	0,13 ± 0,05	1,01 ± 0,10
F. Supertriplo	19,5 ± 0,2	15,0 ± 0,2	0,73 ± 0,04	0,15 ± 0,05	1,15 ± 0,10
F. Sulfato amônio	10,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,80 ± 0,05	< 0,05	0,40 ± 0,05
Polifosfato	19,6 ± 0,2	15,4 ± 0,1	0,70 ± 0,04	0,15 ± 0,05	2,07 ± 0,10
Sal mineral bovino	12,0 ± 0,1	33,1 ± 0,5	2,05 ± 0,05	1,48 ± 0,10	12,30 ± 1,50
Farinha de ossos	14,4 ± 0,3	36,7 ± 0,4	0,10 ± 0,02	0,30 ± 0,05	9,92 ± 1,00
Calcário calcítico	0,1 ± 0,1	37,2 ± 0,5	0,17 ± 0,02	0,10 ± 0,05	1,45 ± 0,05

Tabela 3. Concentrações de urânio, tório, cério, césio e arsênio nos produtos analisados (dados em µg/g) n=3

Produto	U	Th	Ce	Cs	As
F. Bicálcico	67,3 ± 2,6	1,40 ± 0,14	49,10 ± 2,20	< 0,18	< 2,70
F. Monoamônico	155,0 ± 17,7	5,53 ± 0,41	< 2,91	< 0,18	< 2,70
F. Supersimples	91,0 ± 10,1	160,0 ± 5,6	1600 ± 56	< 0,18	< 2,70
F. Supertriplo	31,5 ± 1,4	118,0 ± 4,1	1390 ± 49	< 0,18	< 2,70
F. Sulfato amônio	24,9 ± 0,9	5,57 ± 0,29	67,30 ± 4,55	< 0,18	8,12 ± 0,90
Polifosfato	29,7 ± 1,2	116,0 ± 4,0	1340 ± 47	< 0,18	< 2,70
Sal mineral bovino	6,61 ± 0,39	3,02 ± 0,14	35,1 ± 1,8	0,69 ± 0,14	22,50 ± 1,12
Farinha de ossos	< 0,52	4,10 ± 0,16	16,1 ± 1,28	< 0,18	< 2,70
Calcário calcítico	1,29 ± 0,05	0,35 ± 0,03	3,71 ± 0,25	0,25 ± 0,02	11,74 ± 1,42

Tabela 4. Concentrações de bário, vanádio, estrôncio, cobalto e zinco os produtos analisados (dados em µg/g) n=3

Produto	Ba	V	Sr	Co	Zn
F. Bicálcico	466 ± 108	37,6 ± 4,4	< 195	12,1 ± 0,7	44,5 ± 4,1
F. Monoamônico	629 ± 158	45,5 ± 3,0	735 ± 174	24,8 ± 1,4	65,1 ± 5,9
F. Supersimples	17200 ± 705	90,7 ± 3,9	24600 ± 1410	35,9 ± 1,3	< 31
F. Supertriplo	< 184	181,0 ± 6,8	4200 ± 1010	28,7 ± 3,4	< 31
F. Sulfato amônio	< 184	89,8 ± 3,5	< 195	4,8 ± 0,4	< 31
Polifosfato	632 ± 148	116 ± 4,4	2520 ± 148	24,7 ± 0,9	47,0 ± 4,7
Sal mineral bovino	233 ± 25	95,0 ± 8,0	324 ± 66	14,6 ± 5,7	44,9 ± 5,2
Farinha de ossos	212 ± 17	< 2,7	441 ± 30	0,7 ± 0,2	239,0 ± 8,5
Calcário calcítico	< 184	< 2,7	2105 ± 78	0,4 ± 0,1	< 31

Na primeira posição da lista da CERCLA está o arsênio, quantificado em dois fosfatos e no calcário analisados neste estudo. Também estão nesta lista da ATSDR e foram quantificados nos produtos analisados: cobalto, zinco, urânio, tório, bário, estrôncio, alumínio, vanádio, flúor e cério (ATSDR, 2007). Estes valores devem ser considerados como uma classificação do potencial toxicológico que elementos presentes na maioria dos fosfatos oferecem ao meio-ambiente, em todas suas aplicações, notadamente a de fertilizante, onde o produto é colocado diretamente em contato com os solos, plantas e corpos de água, causando sua disseminação por todo o ambiente (CHEN et al., 2007).

O excesso de alumínio na dieta pode resultar em deficiência de P, uma vez que o Al se liga ao P formando complexos insolúveis que não são absorvidos na luz intestinal. O valor máximo tolerável de Al por bovinos é 1000ppm na dieta (NRC, 2000). O sal mineral bovino analisado é inadequado ao consumo pelo gado, sob o ponto de vista do Al incorporado na dieta.

Deve-se tomar o devido cuidado com a farinha de ossos analisada, para que a sua entrada na formulação não seja suficientemente grande, o que poderia resultar em um excesso de Al na dieta e conseqüentemente a intoxicação no animal.

O arsênio é um elemento considerado tóxico, e qualquer ingestão pelo animal deve ser evitada. O valor máximo admissível para sua ingestão do gado de corte é de 50µg/g (NRC, 2000), para que não haja nenhum efeito deletério ao animal ou presença de resíduos na carne produzida. Nenhum produto analisado apresentou valor superior à metade desse limite.

O bário em suas formas solúveis é um elemento considerado tóxico, capaz de causar fraqueza muscular e distúrbios gastrintestinais em casos de ingestão acidental (efeitos agudos). Em caso de ingestão prolongada em níveis de 2ppm é capaz de causar elevação da pressão arterial. A técnica analítica apresenta um limite de detecção para o Ba de 184 ppm (MENEZES & JACIMOVIC, 2006). O

calcário, os fosfatos sulfato de amônio e supertríplo apresentaram concentrações abaixo de tal limite de detecção. A preocupação com o Ba se dá para as formas solúveis do elemento, raramente encontradas na natureza. Para fosfatos e dietas, só há risco de contaminação pelas formas mais solúveis se ocorrer contaminação na indústria.

O valor máximo de cobalto encontrado nos produtos analisados foi de 36ppm (fosfato supersimples). O limite máximo tolerável de Co na dieta de aves e coelhos é de 10ppm (NRC, 2000). Assim, todos os fosfatos apresentam concentrações seguras de Co.

O estrôncio é o 15º. elemento mais abundante da crosta terrestre. Muito comum em rochas ígneas, a maior fonte de fosfatos brasileiros, portanto o estrôncio é frequentemente encontrado nesses fosfatos. Não há grandes riscos na forma estável, mas isótopos radioativos frequentemente são associados ao aparecimento de câncer (FAO, 2004). Os elevados valores de Sr encontrados nas análises dos fosfatos supersimples e supertríplo são preocupantes.

O flúor é o elemento mais eletronegativo da tabela periódica. O F, ao se combinar de modo reversível com o hidrogênio forma o ácido fluorídrico (HF). Esse ácido possui grande poder de difusão, o que explica a grande absorção do F no estômago e sua presença nos fluidos intra e extracelulares. Sua elevada afinidade com o Ca torna o F um elemento sempre presente nos tecidos calcificados (FAO, 2004; MADAN et al., 2009).

O F também está presente na cadeia alimentar, e praticamente todo alimento possui F em sua composição, principalmente na água e nas bebidas, uma vez que o F está presente na natureza em formas bastante solúveis (XIONG et al., 2007). Esse elemento pode ser encontrado nos alimentos em concentrações (mg/kg) nas seguintes faixas: Carne de boi e frango

- 0,04 a 0,51; Leite e derivados - 0,02 a 0,82; Vegetais - 0,08 a 0,70; Grãos e cereais - 0,08 a 2,00 (AVELAR et al. 2009). Toda rocha fosfática possui F em sua estrutura. Os fosfatos dos tipos *food-grade* e *feed-grade* são tratados industrialmente para a remoção desse elemento, e assim evita-se que o flúor entre em elevadas concentrações na cadeia alimentar humana e animal (FAO, 2004).

O Ministério da Agricultura estabeleceu na Instrução Normativa nº 12 de 30 de Novembro de 2004 (MAPA, 2004), que o limite máximo de F nos produtos de pronto uso (suplemento destinado a bovinos) deverá ser de no máximo de 0,2%. Assim, sal mineral bovino testado neste experimento apresenta o F em concentração bem superior ao limite máximo da legislação brasileira. O fosfato supertríplo pode ser usado na nutrição animal desde que apresente F abaixo de 0,7 %, entre outras características específicas ditadas pela Instrução Normativa nº 01 de 02 de Maio de 2000.

O silício participa na formação da estrutura dos ossos, porém o excesso de Si pode causar a formação de cálculo renal (NRC, 2000). Assim os valores obtidos para o SiO<sub>2</sub> na farinha de ossos e no sal mineral bovino devem ser vistos como um alerta na aplicação indiscriminada desses produtos na nutrição animal. O sal mineral bovino foi o produto com a maior concentração de Si. Análise qualitativa por difratometria de raios-x mostrou uma grande presença de quartzo (SiO<sub>2</sub>) como fase cristalina menor (entre 3% e 10% do total de cristais). Valor elevado de Si foi encontrado na farinha de ossos, que também apresenta o quartzo (SiO<sub>2</sub>) como fase cristalina menor.

O céσιο é o mais eletropositivo, o mais alcalino e o de menor potencial de ionização entre todos os elementos, à exceção do frâncio, o menos abundante

dos metais alcalinos encontrados na natureza. Esse elemento apresenta isótopos radioativos de alta energia ionizante, destacando-se o  $^{137}\text{Cs}$ .

Os lantanídeos (como o cério) e os actinídeos (como urânio e tório), encontrados em alguns dos produtos analisados, são elementos que apresentam uma ampla faixa de redox e são capazes de formar vários complexos tóxicos que podem causar danos ao DNA da célula (BUZEA et al, 2007), além de apresentarem diversos isótopos radioativos (DUFFUS, 2002).

Diversos depósitos naturais de fosfatos em todo o mundo apresentam quantidades significativas de urânio (FAO, 2004). O U pode entrar no organismo por três principais formas: inalação, ingestão e contato sobre a pele. Muitos vegetais cultivados extensivamente são produzidos em solos adubados com fertilizantes fosfatados, que sabidamente possuem U em sua constituição. Plantas subaéreas como a batata *Solanum tuberosum* e a mandioca *Manihot esculenta* captam U através de suas raízes e o armazenam em seu caule; no caule dessas plantas podem ser encontradas concentrações de U mais elevadas que as do solo em que foram cultivadas (AVELAR et al., 2007).

O vanádio exerce efeito deletério no animal, pois reduz a ação de enzimas, causando diarreia e prostração em bovinos. O consumo de 20mg de V ao dia pode levar à intoxicação do animal (NRC, 2000). Supostamente, para um consumo diário de sal mineral de 60 a 100 gramas de fosfato, todas as fontes de fósforo estão de acordo com o NRC (2000) para consumo bovino, considerando apenas os teores de vanádio.

O zinco presente nos produtos analisados não está em uma faixa considerada tóxica para os animais - acima de 750ppm - a partir do qual são

relatados efeitos deletérios em bovinos e caprinos (NRC, 2000).

É necessário aplicar o princípio da precaução no uso dos fosfatos e outros produtos minerais. O princípio da precaução refere-se aos conceitos de afastamento de perigo e segurança das gerações futuras, como também de sustentabilidade ambiental das atividades humanas.

Para alguns produtos é necessária a adoção de tecnologias industriais que contribuam para a purificação desses produtos, especialmente em relação ao flúor, estrôncio e urânio, para que os mesmos possam ser considerados fontes seguras de fósforo na nutrição animal.

A grande diferença encontrada nas concentrações dos elementos estudados deve ser levada em consideração na formulação de suplementos minerais, uma vez que o efeito da interação dos diversos macros e micronutrientes presentes na dieta animal ainda não é bem conhecido (AHOLA et al, 2004; OLSON, 2007).

O calcário e a maioria dos fosfatos analisados apresentaram elementos tóxicos, ou elementos em concentrações que os tornariam tóxicos para o uso na nutrição animal.

O fosfato bicálcico - referência na nutrição animal - e a farinha de ossos calcinada foram os produtos com a menor incidência dos elementos tóxicos, entre todos os produtos analisados.

## AGRADECIMENTOS

*Este projeto é apoiado pelo CNPq e pela FAPEMIG. Agradecemos ao Dr. Décio Souza Graça do DZOO da UFMG pelo apoio científico e material.*

## REFERÊNCIAS

AHOLA J.K.; BAKER D.S.; BURNS P.D.; MORTIMER R.G.; ENNS R.M.; WHITTIER J.C.; GEARY T.W.; ENGLE T.E. Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2375–2383, 2004.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY – ATSDR. **Toxicological profile for barium and barium compounds**. U.S. Department Of Health and Human Services, Atlanta, 2007. 231p.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY – ATSDR. 2007 **CERCLA Priority List of Hazardous Substances 2007 Edition**. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>>. Acesso em: 05 out. 2010.

AVELAR, A.C.; FERREIRA, M.W. Desempenho de coelhos Nova Zelândia variedade branca submetidos a fontes de fósforo com altas concentrações de flúor. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.2, p.293-301, 2009.

AVELAR, A.C.; FERREIRA, M.W.; MENEZES, M.A.B.C. Análise mineral da carne de coelho produzida em Belo Horizonte, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.327-333, 2008.

AVELAR, A.C.; FERREIRA, M.W.; MENEZES, M.A.B.C. Contribuição dos fertilizantes agrícolas para a dispersão de urânio no meio ambiente. **Revista Saúde e Ambiente**, v.8, n.2, p.37-42, 2007.

BLAS, J. Fertiliser prices jump as planting grows. **Financial Times**, Londres, 26 Outubro de 2007.

BUZEA, C.; PACHECO, I.I.; ROBBIE, K. Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. **Biointerphases**, v.2, n.4, p.17-71, 2007.

CATARINO, S.; SOARES, J.; CURVELO-GARCIA, A.S. Implicações da utilização de bentonitas sobre a fracção mineral de vinhos: potássio, sódio, cálcio, alumínio e chumbo. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v.19, n.1, p.29-45, 2004.

CHEN, W.; CHANG, A.C.; LAOSHENG, W. Assessing long-term environmental risks of trace elements in phosphate fertilizers. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.67, p.48–58, 2007.

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO E ECONOMIA MINERAL – DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro 2006**. Brasília: Governo Federal do Brasil, 2006. 77p.

DUFFUS, J.H. Heavy Metals - A Meaningless Term? **Pure & Applied Chemistry**, v.74, n.5, p.793–807, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Use of phosphate rocks for sustainable agriculture**. Roma, 2004. 144p.



MADAN, J.; PURI, J.P.; SINGH, J.K. Growth, feed efficiency and blood profile of buffalo calves consuming high levels of fluoride: growth and blood metabolites in buffaloes fed high fluoride. **Tropical Animal Health Production**, v.41, n.3, p.295-298, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA **Instrução Normativa nº 12 de 30 de Novembro de 2004**, Brasília. Disponível em <<http://www.mapa.gov.br>> Acesso em: 12 jun. 2006.

MARÇAL, W.S.; GOMES, G.P.; NASCIMENTO, M.R.L.; MORENO, A.M. Avaliação de fontes de fósforo para a nutrição mineral de bovinos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.70, n.3, p.255-258, 2003.

MENEZES M.A.B.C.; JACIMOVIC R. Optimised k<sup>0</sup>-instrumental neutron activation method using the TRIGA MARK I IPR-R1 reactor at CDTN/CNEN, Belo Horizonte, Brazil **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A**, n.564, p.707-715, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. - **Nutrient requirements of beef cattle: seventh revised edition: update 2000**. Washington D.C.: National Academy. Press, 2000. 248p.

OLSON, K.C. Management of mineral supplementation programs for cow-calf operations. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.23, n.1, p.69-90, 2007.

PÉREZ-LÓPEZ, R.; ÁLVAREZ-VALERO, A.M.; MIGUEL NIETO, J. Changes in mobility of toxic elements during the production of phosphoric acid in the fertilizer industry of Huelva (SW Spain) and environmental impact of phosphogypsum wastes. **Journal of Hazardous Materials**, v.148, p.745-750, 2007.

YABUSHITA, Y.; KANAYAMA, Y.; TAROHDA, T.; TUJI, T.; WASHIYAMA, K.; AMANO, R. Brain regional distribution of the minor and trace elements, Na, K, Sc, Cr, Mn, Co, Zn and Se, in mice bred under Zn-deficient, -adequate and -excessive diets **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v.257, n.2, p.399-403, 2003.

TOKARNIA, C.H.; DOBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileria**, v.20, n.3, p.127-138, 2000.

XIONG, X.Z.; LIUA, J.L.; HEA, W.H.; XIAA, T.; HEA, P.; CHENA, X. Dose-effect relationship between drinking water fluoride levels and damage to liver and kidney functions in children. **Environmental Research**, v.103, p.112-116, 2007.

Data de recebimento: 31/05/2010  
Data de aprovação: 03/08/2011