

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

JULIENE MARINHEIRO XAVIER

**QUANTIFICAÇÃO DE METAIS ESSENCIAS E TÓXICOS EM DEJETOS
DEPOSITADOS NATURALMENTE NAS PASTAGENS ORIUNDOS DA PECUÁRIA
LEITEIRA FAMILIAR DO ALTO DA BACIA DO RIO PARANÁ EM GOIÁS, BRASIL
– CENTRAL**

GOIÂNIA

2010

JULIENE MARINHEIRO XAVIER

**QUANTIFICAÇÃO DE METAIS ESSENCIAS E TÓXICOS EM DEJETOS
DEPOSITADOS NATURALMENTE NAS PASTAGENS ORIUNDOS DA PECUÁRIA
LEITEIRA FAMILIAR DO ALTO DA BACIA DO RIO PARANÁ EM GOIÁS, BRASIL
– CENTRAL**

Dissertação de Mestrado em Ecologia
e Produção Sustentável para obtenção
do título de Mestre pela Pontifícia
Universidade Católica de Goiás

Orientador: Professor Dr. Roberto Toledo de Magalhães

Co-orientador: Professor Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior

GOIÂNIA

2010

X3q Xavier, Juliene Marinheiro.
Quantificação de metais essenciais e tóxicos em dejetos depositados naturalmente nas pastagens oriundos da pecuária leiteira familiar do alto da bacia do Rio Paraná em Goiás, Brasil central / Juliene Marinheiro Xavier. – 2010.
64 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2010.
“Orientador: Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães”.
“Co-Orientador: Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Junior”.

1. Solos – pastagens – dejetos – contaminação – pecuária leiteira – Estado de Goiás. 2. Pastagens – contaminação do solo – elementos químicos inorgânicos. I. Título.

CDU: 631.416(817.3)(043.3)
504.5:631.862
614.76

JULIENE MARINHEIRO XAVIER

**QUANTIFICAÇÃO DE METAIS ESSENCIAS E TÓXICOS EM DEJETOS
DEPOSITADOS NATURALMENTE NAS PASTAGENS ORIUNDOS DA PECUÁRIA
LEITEIRA FAMILIAR DO ALTO DA BACIA DO RIO PARANÁ EM GOIÁS, BRASIL
– CENTRAL**

APROVADO EM: 13/09/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães
PUC-GO

Prof. Dr. José Paulo Pietrafesa
UniEvangélica

Prof. Dr. Rodrigo Zaiden Taveira
UEG-GO

DEDICATÓRIA

Ao meu avô e a minha mãe que não mediram esforços para que eu conseguisse concluir esta etapa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a vida, sabedoria, disciplina e persistência. Por me dar uma família que me apóia em todos os momentos.

Ao meu avô e a minha mãe por aguentar o meu humor instável, a minha falta de tempo e atenção, por tentar me entender sempre e por me apoiar em minhas decisões.

A minha irmã Liliane e meu cunhado Rafael por me ajudar a escrever e corrigir meu trabalho, por se fazerem sempre companhia durante os momentos de ansiedade profissional.

Ao meu orientador pela amizade, momentos de risos, desespero e pela confiança, pelo período de convivência, que se estende desde 2000 até hoje, enquanto monitora da disciplina Morfologia Vegetal e Bolsista de Iniciação Científica durante o curso de Zootecnia. E pela supervisão no Estágio Docência na disciplina Metodologia do Trabalho Científico e pela orientação durante o Mestrado.

Aos professores do Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, Cleonice, Francisco Leonardo, José Paulo, Adélia e Maria Eloisa pelo suporte e informações disponibilizadas durante as disciplinas.

Ao professor Affonso e demais funcionários da UNIOESTE pela a realização das análises laboratoriais das amostras fecais.

A secretária do programa Cristhiane, pela educação, simpatia e competência sempre buscando solucionar os problemas administrativos da melhor forma, sendo um elo entre o programa, o corpo docente e o corpo discente.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, Bruno, Marilma, Danielle, Rodrigo, Verner pelas orientações, conversas, amizade durante o mestrado e aos demais educadores do departamento que foram meus professores durante o período da graduação.

A Glorinha do estágio pelas palavras de conforto.

Aos meus meninos da Iniciação Científica, Adesvaldo, Fernando e Lirian pelas viagens para as coletas de dados e pelos outros trabalhos que conseguimos produzir.

Aos motoristas que nos acompanhavam aos municípios para que fossem feitas as coletas de materiais.

A minha Cláudia minha parceira de atividades de mestrado.

A minha amiga Eline Maria, obrigada pelos momentos de desabafos, aguentar meu estresse e me ceder a sua casa por várias vezes durante esse período da minha vida.

A todos os meus amigos, colegas, alunos que acompanham a minha rotina e participam das minhas conquistas.

Aos funcionários dos laboratórios do Centro de Biologia Aquática, Engenharia de Alimentos e Zootecnia que me auxiliaram durante o pré-tratamento das amostras e disponibilizaram o material necessário.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro e bolsa de desenvolvimento tecnológico concedidos para o projeto e aperfeiçoamento profissional.

A FAPEG pela concessão de bolsa para aperfeiçoamento profissional.

EPÍGRAFE

A vida tem duas faces:
Positiva e negativa
O passado foi duro
mas deixou o seu legado
Saber viver é a grande sabedoria
Que eu possa dignificar
Minha condição de mulher,
Aceitar suas limitações
E me fazer pedra de segurança
dos valores que vão desmoronando.
Nasci em tempos rudes
Aceitei contradições
lutas e pedras
como lições de vida
e delas me sirvo
Aprendi a viver.

Cora Coralina

RESUMO

O sistema de produção extensivo é visto como uma alternativa para a permanência do produtor familiar de leite no cenário goiano, uma vez que esta forma de produção não demanda altos investimentos em instalações e mão-de-obra, escassa para esse tipo de sistema. Entretanto, a criação extensiva de animais lança diariamente nas pastagens uma quantidade expressiva de dejeções para solo, planta e água. No solo, estes dejetos sofrem transformações químicas que podem liberar contaminantes, causar toxidez, ou ainda serem adsorvidos às argilas e à matéria orgânica (MO), representando fonte poluidora potencial. O solo funciona ainda como uma espécie de filtro para proteger a água subterrânea da poluição. Os dejetos de animais apresentam vários nutrientes em quantidades desproporcionais em relação à necessidade das plantas, e suas características químicas variam conforme o tipo de criação e alimentação dos animais e do manejo dado aos dejetos. Para avaliar a composição química dos rejeitos foram coletadas amostras oriundas de bovinos leiteiros em lactação, criados extensivamente, em propriedades de pequeno e médio porte de agricultores familiares para posterior análise laboratorial dos teores (ppm) de elementos essenciais e tóxicos. As análises estatísticas revelaram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as três regiões observadas. Este trabalho tem como objetivo quantificar os elementos essenciais Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Alumínio (Al); e os elementos tóxicos Cromo (Cr), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) nos dejetos provenientes de vacas leiteiras em lactação e depositados naturalmente nas pastagens e aguadas naturais nos municípios de Piracanjuba, Morrinhos e Itumbiara, alto da bacia do Rio Paraná em Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: contaminação, bovinos em lactação, elementos químicos inorgânicos.

ABSTRACT

The extensive production system is seen as an alternative to the permanence of family producer of milk in the Goiano scenario, since this form of production doesn't require large investments in facilities and manpower, scarce for this type of system. However, extensive breeding of animals in the pastures daily launches a significant amount of stools for soil, plant and water. In soil, these tailings undergo chemical transformations that may release contaminants, cause toxicity, or be adsorbed to clay and the organic matter (OM), representing a potential pollution source. The soil also works as a kind of filter to protect groundwater from pollution. Manure from animals present various nutrients in amounts disproportionate to the need of plants, and their chemical characteristics vary from type of farming and animal nutrition and manure management given to. To evaluate the chemical composition of tailings were collected samples from lactating dairy cattle, reared extensively, Properties of small and medium family farmers for subsequent laboratory analysis of the levels (ppm) of essential elements and toxic. Statistical analysis showed no significant difference ($p > 0.05$) between the three regions observed. This research aims to quantify the essential elements copper (Cu), Zinc (Zn), manganese (Mn), iron (Fe) and Aluminum (Al), and the toxic elements chromium (Cr), cadmium (Cd) and Lead (Pb) in manure from dairy cows in milk and deposited naturally in natural pastures and watered in the municipalities of Piracanjuba, and Morrinhos Itumbiara, top of the Paraná basin in Goiás

KEY-WORDS: contamination, lactating cattle, inorganic chemical elements.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
1 REVISÃO DA LITERATURA.....	21
1.1 Produção e Características dos Dejetos de Bovinos.....	21
1.2 Química Inorgânica e os Elementos Químicos Inorgânicos.....	23
1.2.1 Elementos Químicos Essenciais.....	25
1.2.1.1 Cobre.....	26
1.2.1.2 Zinco.....	28
1.2.1.3 Manganês.....	30
1.2.1.4 Ferro.....	31
1.2.1.5 Alumínio.....	32
1.2.2 Elementos Químicos Tóxicos.....	34
1.2.2.1 Cromo.....	35
1.2.2.2 Cádmio.....	36
1.2.2.3 Chumbo.....	38
2 METODOLOGIA.....	41
2.1 Área de Estudo.....	41
2.2 Pontos de Coleta.....	42
2.3 Coleta das Amostras.....	45
2.4 Pré-tratamento das Amostras.....	45
2.5 Análises Laboratoriais.....	45
2.6 Análises Estatísticas	46
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
3.1 Elementos Químicos Essenciais.....	47
3.1.1 Cobre.....	47
3.1.2 Zinco.....	48
3.1.3 Manganês.....	49
3.1.4 Ferro.....	51

3.1.5 Alumínio.....	52
3.1.6 Análises Estatísticas para Metais Essenciais.....	52
3.2 Elementos Químicos Tóxicos.....	53
3.2.1 Cromo.....	53
3.2.2 Cádmio e Chumbo.....	55
3.2.3 Análise Estatística para Metal Tóxico.....	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
OBRAS CONSULTADAS.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos municípios Piracanjuba, Morrinhos e Itumbiara visitados nas coletas de dejetos.....	41
Figura 2. Pontos de coleta no Município de Morrinhos.....	43
Figura 3. Pontos de coleta no Município de Itumbiara.....	44
Figura 4. Pontos de coleta no Município de Piracanjuba.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Forma de excreção dos nutrientes ingeridos (% do total excretado).....	22
Tabela 2. Concentrações médias de Cr no solo, água superficial e água de abastecimento.....	35
Tabela 3. Concentração máxima permitida de Cd em solos agrícolas, tratados com lodo de esgoto em diversos países.....	37
Tabela 4. Concentração máxima permitida de Pb em solos agrícolas, tratados com lodo de esgoto em diversos países.....	39
Tabela 5. Localização das regiões e dos pontos de coleta de fezes.....	42
Tabela 6. Valores médios (ppm) da concentração de Cu nas fezes de bovinos em lactação.....	47
Tabela 7. Valores médios (ppm) da concentração de Zn nas fezes de bovinos em lactação.....	49
Tabela 8. Valores médios (ppm) da concentração de Mn nas fezes de bovinos em lactação.....	50
Tabela 9. Valores médios (ppm) da concentração de Fe nas fezes de bovinos em lactação.....	51
Tabela 10. Médias e erro padrão de metais essenciais (Cu, Zn, Mn e Fe) nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.....	52

Tabela 11. Coeficientes de variação de metais essenciais (Cu, Zn, Mn e Fe) nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba	53
Tabela 12. Valores médios (ppm) da concentração de Cr nas fezes de bovinos em lactação.....	54
Tabela 13. Médias e erro padrão de metal tóxico (Cr) em ppm nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.....	56
Tabela 14. Coeficientes de variação de metal tóxico (Cr) nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
AlCl ₃	Cloreto de Alumínio
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry
As	Arsênio
Cd	Cádmio
Ca	Cálcio
Ca ₃ (PO ₄) ₂	Fosfato de Cálcio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cr ⁶⁺	Cromo Hexavalente
Cr ³⁺	Cromo Trivalente
Cu	Cobre
EP	Equivalente Populacional
Fe	Ferro
FeCl ₂	Cloreto de Ferro II
FeCl ₃	Cloreto de Ferro III

FeSO ₄	Sulfato de Ferro II
Fe ₂ (SO ₄) ₃	Sulfato de Ferro III
FeO	Óxido de Ferro II
Fe ₂ O ₃	Óxido de Ferro III
Fe ₃ O ₄	Óxido de Ferro Misto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IN	Instrução Normativa
K	Potássio
Kg	Quilograma
Km	Quilometro
Km ²	Quilometro quadrado
M	Metro
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
m ³ /dia	Milímetro cúbico por dia
Mn	Manganês
MS	Matéria Seca
MO	Matéria Orgânica
Mo	Molibdênio
N	Nitrogênio
NRC	National Research Council
OMS	Organização Mundial de Saúde

P	Fósforo
Pb	Chumbo
PUC	Pontifícia Universidade Católica
Ppm	Parte por Milhão
PV	Peso Vivo
S	Enxofre
SANEPAE	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento
UNIOESTE	Universidade do Oeste do Paraná
Zn	Zinco
ZnS	Sulfito de Zinco
µg/L	Micrograma por Litro
%	Porcentagem

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro dispõe de ótimas condições com custos reduzidos e competitivos, topografia plana agricultável e capacidade incontestável da agroindústria regional, que coloca a disposição dos produtores de leite várias opções de resíduos agroindustriais destinados a alimentação, em várias estações do ano.

A expansão da atividade leiteira para as regiões de Cerrado se deu pela vantagem competitiva do menor custo de oportunidade da terra e de mão-de-obra. Nestas regiões a produção se fundamenta a pasto como alimento volumoso no verão, contudo, deve-se verificar as restrições para o crescimento de produção em propriedades rurais de pequena escala no cerrado brasileiro, uma tarefa que se relaciona à escassez de diferentes recursos, avaliação de tecnologias apropriadas, dificuldades quanto às estruturas institucionais locais, predominância de recursos humanos com baixa escolaridade e outros aspectos, como o comportamento do produtor.

A produção animal em regime extensivo caracteriza-se pela adoção de tecnologias e uso intensivo em capital restringe-se a pequeno conjunto de produtores. Tal conduta, na maioria das vezes, determina passivos ambientais relevantes. A perda da capacidade produtiva das pastagens e seus impactos sobre o ambiente e o comprometimento da sustentabilidade da atividade são facilmente percebidos.

Uma avaliação importante que segue a expansão da agropecuária sobre o Cerrado é a questão da sustentabilidade. Conforme Marouelli (2003) a agricultura e pecuária nos Cerrados somente serão sustentáveis se forem capazes de competir com aquela de outras regiões e mesmo com a de outros países. A evidência disponível até agora é de que o Cerrado goza de vantagens comparativas na produção agrícola e qualidade de alimentos.

Apesar da crescente modernização da atividade agropecuária brasileira, os níveis de poluição, a má utilização de reservas naturais e os custos energéticos vêm aumentando no país. Cada vez mais fertilizantes são importados, aumentando a degradação dos recursos e dos solos brasileiros. Atualmente, a preocupação com a degradação ambiental renovou o interesse pelo uso dos esterco, buscando a sustentabilidade da agricultura.

Em muitos casos, limitações no consumo de nutrientes e o atendimento das exigências nutricionais dos animais repercutem diretamente nas baixas produtividades observadas, sendo pouco estudado o efeito do compartimento animal sobre a reciclagem de nutrientes no ecossistema de pastagens.

Conforme Braz et al. (2001), diante da aparente inviabilidade econômica da utilização de adubações de reposição na maior parte dos sistemas, pode-se considerar que a perenidade e a manutenção da produtividade das pastagens é praticamente dependente da reciclagem interna de nutrientes no ecossistema.

Nos moldes atuais de exploração de muitas propriedades de pecuária do Cerrado, o manejo inadequado do sistema solo – planta – animal e o gerenciamento ineficiente da atividade, predispõem à degradação das pastagens, à baixa eficiência bioeconômica e aumento dos impactos negativos sobre o ambiente.

Um aspecto importante a ser considerado é de que a qualidade do solo está intimamente relacionada com a qualidade da água. Neste sentido é necessário se determinar qual a melhor dosagem, época e forma de se fazer à adubação orgânica com dejetos de animais. Para tanto se deve considerar que cada tipo de solo, em condições ambientais específicas, apresenta capacidade de suporte à adubação orgânica, de forma que a saturação dessa capacidade, certamente resultará em contaminação de águas, e em vez de estarmos melhorando a fertilidade do solo, estamos poluindo o meio ambiente.

Os metais geralmente estão presentes no ambiente, sendo constituintes naturais de rochas e sedimentos. Em condições naturais, a principal fonte de

elementos nos solos é o material de origem. Entretanto, fontes antropogênicas como emissões de indústrias, efluentes, dejetos de animais, biossólidos, fertilizantes e pesticidas podem contribuir no aumento da concentração de metais no solo.

No solo, estes rejeitos sofrem transformações químicas que podem liberar contaminantes para a solução e causar toxidez para as plantas e microrganismos, ou ainda serem adsorvidos às argilas e à matéria orgânica (MO) do solo, representando uma fonte poluidora potencial. O solo tende a ser, para a maior parte dos poluentes, uma espécie de filtro para proteger a água subterrânea da poluição e um biorreator no qual muitos poluentes orgânicos podem ser decompostos.

Ao contrário dos fertilizantes químicos, que podem ser formulados para as condições específicas de cada cultura e solo, os dejetos de animais apresentam, simultaneamente, vários nutrientes em quantidades desproporcionais em relação à necessidade das plantas. As características químicas dos dejetos são diferentes, dependendo do tipo de criação e alimentação dos animais e do manejo dado aos dejetos.

É desafio da sociedade científica o estudo de como os dejetos podem retornar ao solo como forma de ciclagem e fonte de nutrientes, possibilitando assim incrementar a produção de alimentos e reduzir os custos (principalmente quando os dejetos estão disponíveis na propriedade). Também, faz-se necessário reduzir os riscos de poluição ambiental, e acúmulo de metais no solo, estabelecendo critérios de manejo, e assim reduzir o impacto ambiental e viabilizar ambientalmente a utilização de dejetos de animais nos mais diversos manejos de solo.

Este trabalho é parte de um projeto que tem por objetivo geral determinar a influência da pecuária leiteira na qualidade do ambiente aquático em 27 cursos de água dos Rios Meia Ponte, Piracanjuba e Ribeirão Santa Maria localizadas nos municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba e Itumbiara, alto da bacia do Rio Paraná em Goiás, sendo o objetivo específico quantificar os elementos essenciais, Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Alumínio (Al); e os elementos tóxicos Cromo (Cr), Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) nos dejetos provenientes de vacas leiteiras em lactação e depositados naturalmente nas pastagens e aguadas naturais, a fim de verificar se os impactos na bacia em estudo são provenientes da agropecuária, através da utilização intensiva de adubos químicos, pesticidas e herbicidas, ressaltando que apesar da predominância de atividades agropecuárias na região, pouco se sabe sobre o impacto destas sobre a qualidade ambiental.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS DEJETOS DE BOVINOS

Segundo Campos (2001), os prejuízos ambientais causados pela falta de tratamento e manejo adequado dos resíduos da produção animal são incalculáveis. Em muitos países os efluentes oriundos da produção animal já são a principal fonte de poluição dos recursos hídricos, superando os índices das industriais, consideradas até então as grandes causadoras da degradação ambiental. Estes resíduos orgânicos, quando manejados e reciclados adequadamente no solo, deixam de ser poluentes e passam a constituir valiosos insumos para a produção agropecuária sustentável.

Conforme Domingues e Langoni (2001) define-se como dejetos o conjunto de fezes, urina, água desperdiçada dos bebedouros, água de higienização e resíduos de ração, resultantes do processo de criação de animais.

A quantidade de dejetos produzidos por dia, os teores de umidade, de matéria seca (MS) e a composição química variam de acordo com o peso do animal, idade, tipo de alimentação consumida, digestibilidade do alimento, quantidade de água ingerida e estação do ano. O conteúdo real de sólidos depende ainda do tipo de cama usada, resto de alimentos, água de limpeza e evaporação (MORSE et al., 1994).

Oltjen e Beckett (1996) afirmam que para dimensionar o volume de dejetos produzidos, podemos atestar que uma vaca de leite, por exemplo, produz em torno de 14.000 Kg de dejetos por ano. No passado, o dejetos era, via de regra, acondicionado em pilhas e distribuído diretamente na própria área da propriedade rural; no entanto, com o aumento do volume de produção e o esgotamento da capacidade de absorção do solo e dos recursos hídricos, hoje essa prática já vem sendo revista, mesmo em pequenas propriedades.

Campos (2001) relata que os dejetos podem ser classificados de acordo com três consistências: sólido (16% ou mais de sólidos totais), semi-sólido (12 a 16% de sólidos totais), e líquido (12% ou menos de sólidos totais).

A produção diária de dejetos frescos (sólidos e líquidos), por animais de raças leiteiras, é da ordem de 8-11% de seu peso vivo (PV), com teor 10-12% MS (BUENO, 1986).

Segundo Pauletti (2004) um bovino pesando 453 Kg excreta 32,6 Kg de dejetos, sendo 23,5 Kg de fezes e 9,1 Kg de urina. O autor menciona ainda que em relação aos minerais consumidos por vacas em lactação, 10% é retido pelo animal e 90% sai na forma de urina e fezes; 25% do nitrogênio é retido, 18-24% é eliminado pelas fezes e 76-82% é eliminado pela urina. A tabela 1 apresenta as formas de excreção (urina e fezes) dos nutrientes ingeridos de pastagens.

Tabela 1. Forma de excreção dos nutrientes ingeridos (% do total excretado).

Elemento	Urina	Fezes
Nitrogênio (N)	76-82	18-24
Potássio (K)	70-90	13-30
Fósforo (P)	Traços	95+
Magnésio (Mg)	30-10	70-90
Enxofre (S)	6-90	10-95
Cálcio (Ca)	Traços	99

Fonte: WILKISON e LOWREY (1973).

Entretanto, Vitko (1999) afirma que um dos problemas ambientais relacionados com a atividade leiteira é a geração de dejetos, sendo que cada animal tem produção diária de 54 kg de dejetos líquido entre fezes e urina. Relata ainda que este material, quando acrescido da água residual gerada pela limpeza de equipamentos, faz com que o volume de dejetos atinja 200 litros diários por animal.

A quantidade de nutrientes retornados ao solo via fezes e urina dos animais, varia amplamente em função da qualidade e quantidade de forragem consumida e da necessidade do animal. Uma quantidade substancial de nutrientes que está contida nas fezes dos animais, pode ser potencialmente reciclada no solo em uma forma mais prontamente disponível (SIQUEIRA JR., 2005)

O uso de dejetos animais como fertilizantes vem se intensificando, pelo fato do adubo orgânico trazer inúmeros benefícios ao solo, influenciando direta ou indiretamente nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas (STEVEY, 1994). Contudo, alguns cuidados são necessários principalmente em relação a alimentação e ao manejo dos animais para evitar a presença de elementos tóxicos nos dejetos.

De acordo com Silva (2007) a utilização de adubos minerais mudou a apreciação pelo uso de adubos orgânicos, como o esterco, por parte de produtores. Contudo, o autor relata que o esterco, atualmente tratado como resíduo, devido às condições ambientais e econômicas vem recebendo um resgate em sua utilização. O alto preço dos fertilizantes minerais e a alta produção de dejetos pela atividade pecuária são motivos para a utilização do esterco na propriedade.

Risse et al. (2004) reportam que os sistemas de produção animal melhoram o retorno econômico para os produtores. Mas a preocupação com a qualidade do ar e da água originada pelo uso ineficiente do esterco contribui para a mudança deste ponto de vista. Entretanto, afirmam que o uso apropriado do esterco o torna fonte de nutrientes e que a sua aplicação no solo em taxas agronômicas apropriadas representa o destino preferencial a ser dado a esse dejetos, ressaltando que, o esterco é excelente fonte dos principais nutrientes como N, P e K, assim como provedor de nutrientes secundários necessários para as plantas.

A disposição dos dejetos constitui problema tão grave, que limita as possibilidades de localização ou ampliação das diversas atividades zootécnicas. Quando o manejo do gado se faz em regime extensivo as dejeções são distribuídas no solo onde sofrem processo completo de decomposição pelos microorganismos, elevando a contaminação do ambiente, dada à concentração de animais que o referido regime implica (GARCIA-VAQUERO, 1981).

Nestas dejeções são frequentemente encontrados elementos químicos inorgânicos que podem ser provenientes do manejo nutricional e/ou sanitário em concentrações variáveis que podem ou não causar contaminação do solo e água. Vale ressaltar que o elemento é incorporado ao sistema solo – planta – animal apresentar-se-á tanto em seus excrementos como em seus produtos.

1.2 QUÍMICA INORGÂNICA E OS ELEMENTOS QUÍMICOS INORGÂNICOS

Airoldi (1994) afirma que a maioria dos textos que se dedicam exclusivamente à química inorgânica não se atreve a alguma sorte de conceituação. Este fato pode talvez estar ligado à própria dificuldade em estabelecer possíveis limites, se é que os mesmos servem de entrave à conceituação, excluindo-se o carbono da tabela periódica e abre-se a célebre conclusão – a química inorgânica é,

portanto, mais rica. Não é neste sentido que se deseja estabelecer um princípio, mas, tendo em mente um conjunto de dados que reflitam uma significativa importância, à conceituação proposta.

O autor acima menciona que nesta direção devemos buscar alguns exemplos onde a composição química do sistema evidencia a participação inorgânica. Na química da vida destacam-se vinte e cinco elementos essenciais, que controlam o metabolismo dos mamíferos. O Mn na estrutura da clorofila é o responsável pela fotossíntese, muitas drogas cancerígenas possuem átomos metálicos na sua composição. Os ossos e dentes possuem fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). A crosta terrestre é constituída por matéria sólida, que contém mais de 90% de compostos inorgânicos. Componentes de uso tecnológico como detectores e sensores de um modo geral, vidros e cerâmicas são também constituídos de material inorgânico.

Segundo Shriver e Atkins (2008), química inorgânica ou química mineral é o ramo da química que estuda os elementos químicos e as substâncias da natureza que não possuem o carbono coordenado em cadeias, investigando as suas estruturas, propriedades e a explicação do mecanismo de suas reações e transformações. Os elementos químicos inorgânicos compreendem cerca de 95% das substâncias existentes no planeta Terra.

Conforme Lana (2005) os elementos químicos inorgânicos são minerais encontrados frequentemente na forma de sais associados com outros elementos inorgânicos ou orgânicos. As funções gerais dos elementos minerais visam proporcionar a rigidez e a resistência dos ossos e dentes; atuar como ativadores de sistemas enzimáticos (reações metabólicas); manter a pressão osmótica e excreção; atuar no equilíbrio ácido-base; exercer efeitos característicos na irritabilidade dos músculos e nervos; e atuar na produção de leite, carne, ovos e lã.

Vários estudos ambientais indicam que o homem tornou-se o mais importante fator no ciclo biogeoquímico de contaminantes. A mobilização destes poluentes para a biosfera tem alcançado níveis preocupantes (NRIAGU e PACYNA, 1988). O solo é um componente muito específico da biosfera, pois além de ser um depósito geoquímico de elementos inorgânicos, controla também o transporte destas substâncias para a atmosfera, a hidrosfera e a biota.

A presença destes contaminantes no ambiente possibilita a bioacumulação e a biomagnificação na cadeia alimentar, proporcionando distúrbios nos processos

metabólicos dos seres vivos. A bioacumulação e a biomagnificação encarregam-se de transformar concentrações normais em concentrações tóxicas para diferentes espécies da biota e para o próprio homem (TAVARES e CARVALHO, 1992). Deste modo, a poluição do solo por metais tóxicos tem sido reconhecida como um importante problema ambiental, podendo ocasionar riscos ainda desconhecidos para a saúde de gerações futuras.

Ainda conforme Airoidi (1994), o uso de compostos inorgânicos, apesar de ser essencial, pode afetar a saúde se a dose se sobrepuser a um limite mínimo suportável. Os elementos não essenciais seguem o mesmo princípio quanto à tolerância do corpo do animal.

1.2.1 Elementos Químicos Essenciais

Na prática, qualquer elemento, mesmo essencial, pode ser tóxico se o animal o consome em grande quantidade ou por longo período. As quantidades tóxicas são muito variadas, de acordo com o elemento, com o composto químico no qual está presente, com a espécie e a idade do animal que consome. Os elementos tóxicos podem ocorrer naturalmente, ou por contaminação, nos alimentos, água e ar (NUNES, 1998).

Elementos essenciais são aqueles que possuem propriedades, formam compostos extremamente específicos, capazes de executar funções, através de reações bastante complexas, mas que ocorrem em equilíbrio entre si. Sua ausência ou mesmo deficiência, acarreta distúrbios no ciclo vital, alterando o metabolismo dos organismos. Pode haver variação das necessidades ou nas concentrações, dependendo, por exemplo, das diferentes espécies, dos tecidos ou órgãos que as compõem e de muitos outros fatores, como: categoria animal, fase de produção e sexo (FELCMAN, sd).

A dieta alimentar é a fonte de todos os substratos e elementos necessários ao metabolismo animal. Dentre estes elementos, estão os chamados micronutrientes, que incluem metais como: Cu, Zn e Fe. No entanto, quando estes estão presentes nos alimentos em concentrações elevadas, podem ser absorvidos e acumular-se nos tecidos (OMS, 1998).

1.2.1.1 Cobre (Cu)

O Cu é amplamente distribuído nos tecidos biológicos, onde pode ser encontrado sob a forma de complexos orgânicos, como as metaloproteínas que possuem atividade enzimática. A utilização de oxigênio durante a respiração celular, utilização de energia e síntese de compostos essenciais são exemplos de reações metabólicas intermediadas por enzimas que requerem a presença de Cu para apresentarem atividade catalítica. O Cu é essencial para a utilização de Fe na formação de hemoglobina e na maturação de neutrófilos. Desta forma, mesmo sendo considerado um metal tóxico, em baixas concentrações, aproximadamente 2 ppm (parte por milhão) é essencial ao metabolismo animal (OMS, 2008).

As frutas, farelo de trigo, germe de trigo, vegetais, mel e café, são exemplos de alimentos que podem conter este elemento. O conteúdo comum em alimentos pode variar de 3 – 80 ppm (PAIS e BENTON, 1997).

Os sintomas de envenenamento agudo por Cu incluem salivação, náusea, vômito e diarreia, todos os quais são provavelmente devido ao efeito irritante do Cu na mucosa gastrintestinal. Além disso, o envenenamento pode ser acompanhado por hemólise intravascular¹ severa e icterícia², necrose e insuficiência hepáticas, hemoglobinúria³, proteinúria⁴, hipotensão, taquicardia, insuficiência renal aguda, colapso vascular e morte (OMS, 2008).

Venezuela (2001) afirma que o Cu absorvido pela mucosa intestinal é transportado para o fígado. Em condições normais, as concentrações mais elevadas de Cu são encontradas na bile, no fígado, no cérebro, no coração e nos rins. Nos mamíferos, pode ser absorvido do estômago a porção distal do intestino delgado. No entanto, somente uma pequena fração do Cu ingerido é solubilizada suficientemente no estômago – o que dificulta a sua absorção nesse local.

Segundo Teixeira (2001) o nível de 4 ppm de Cu na dieta pode atender ao requerimento dos ruminantes sob certas condições, mas 10 ppm é o requerimento mínimo mais praticado. Valores superiores a 10 ppm podem ser requeridos por

¹ Destruição dos eritrócitos e liberação de hemoglobina no sangue circulante (CLIMEPSI, 2010).

² Coloração amarela mais ou menos intensa dos tegumentos e das mucosas, devida à impregnação dos tecidos por pigmentos biliares (CLIMEPSI, 2010).

³ Presença de hemoglobina na urina sob a forma de pigmentos sanguíneos em solução (CLIMEPSI, 2010).

⁴ Presença de proteínas na urina (CLIMEPSI, 2010).

bovinos em pastejo ou consumindo alimentos que contenham altos níveis de molibdênio (Mo) ou outras substâncias que interferem na sua absorção.

Valores semelhantes são apresentados por Lana (2005) que afirma que o requerimento de Cu varia de 5 a 8 ppm na dieta da maioria dos animais, sendo que animais produtores de leite requerem 10 ppm na MS da ração.

Altas concentrações dos elementos de Fe e Zn também reduzem o estado de Cu e podem aumentar a necessidade do mesmo (NRC, 1996). O NRC (2001) aceita uma variação entre 12 e 15,7 ppm de MS de Cu/dia para gado leiteiro, respectivamente para novilhas e vacas em lactação.

A intoxicação com este elemento pode ocorrer quando bovinos consomem quantidades excessivas de Cu suplementar ou alimentos que tenham sido contaminados com compostos usados para outro objetivo, sendo este agrícola ou industrial. Quando ocorre o consumo excessivo, este pode acumular-se no fígado antes que a intoxicação se torne evidente (TEIXEIRA, 2001).

A concentração máxima tolerável na dieta está em torno de 100 ppm. O Molibdênio (Mo) e o Enxofre (S) na dieta dos animais são os maiores fatores que influenciam nesta tolerância. Em animais criados extensivamente, o Cu tem sido indicado como fator de influencia no sabor do leite (TEIXEIRA, 2001).

No Reino Unido, foram descritos surtos de intoxicação por Cu em ovinos criados em pastagens que foram adubadas com fezes de suínos. Tais dejetos podem conter valores acima de 600 ppm de Cu tornando desaconselhável seu uso para pastagens de ovinos (UNWIN, 1980).

Segundo Alloway (1990), os solos possuem uma concentração média de 30 ppm. Nas águas a concentração é da ordem de 5 ppm, quando sob influência de cargas poluidoras.

O Cu atende aos critérios de essencialidade para plantas e microrganismos, sendo classificado como micronutriente. A literatura descreve a concentração média deste metal no solo como de 20 ppm com variações na faixa de 6 a 80 ppm, porém, pode ser acrescido ao meio por resíduos urbanos e industriais, pesticidas e fertilizantes, entre outros (TAVARES e CARVALHO, 1992).

Tavares e Carvalho (1992) ressaltam que a dinâmica do Cu no solo é bastante complexa e altamente afetada por inúmeros fatores do meio, principalmente a composição química, física e mineralógica do solo, a quantidade de matéria orgânica (MO) e o pH.

1.2.1.2 Zinco (Zn)

O Zn é um metal essencial, e por isso, tanto a ausência quanto a exposição excessiva podem trazer efeitos nocivos. Existem mais de 200 metaloenzimas⁵ que utilizam o Zn como co-fator, e sua deficiência pode gerar diversos efeitos, como falhas no crescimento, retardo na maturidade sexual, que é acompanhada de desnutrição calórico-protéica, dermatites, cegueira noturna, atrofia testicular, impotência, retardo na cicatrização de ferimentos, doença renal crônica e anemia hemolítica (OLIVEIRA, 1999).

O Zn estabiliza a estrutura de proteínas e ácidos nucléicos, preserva a integridade de organelas celulares, participa em processos de transporte, e desempenha um importante papel em fenômenos imunológicos (VALLEE e AULD, 1990).

É considerado o 25º elemento mais abundante na crosta terrestre, ocorre em vários minerais e em diferentes formas (sulfetos ou carbonatos de Zn), seu maior uso é na galvanização de produtos de ferro, proporcionando uma cobertura resistente à corrosão. É utilizado em baterias, fertilizantes, aros e rodas de veículos, tintas, plásticos, borrachas, em alguns cosméticos como pós e bases faciais e produtos farmacêuticos como em complexos vitamínicos (MOORE e RAMAMOORTHY, 1984).

Este elemento mostra-se necessário em níveis de traço podendo ocorrer casos de envenenamento, seja por ingestão de alimentos, por bebidas contaminadas, de poeiras e fumaça com altos teores de Zn ou contato da pele com Zn e seus sais. Para os peixes, pode afetar a secreção mucosa produzida pelas brânquias e, assim, obstruir o espaço interlamelar, bloqueando o movimento respiratório (ROCHA, PEREIRA e PÁDUA 1985).

O Zn pode alterar a composição bioquímica de tecidos de peixes pela diminuição de glicogênio por um aumento do metabolismo. A demanda energética não pode ser suprida, pois o metal pode inibir a produção de insulina no pâncreas (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

⁵ Enzima que tem incorporado em sua constituição um íon metálico (SHRIVER e ATKINS, 2008.)

Produtos marinhos, carnes, grãos, laticínios, nozes e legumes apresentam altos teores de Zn. O alimento pode conter níveis de Zn na faixa entre 2 ppm a 29 ppm. Em verduras os teores são menores, porém, se for aplicado no solo, pode ser absorvido por vegetais em crescimento. Algumas espécies de ostras podem acumular grande quantidade do metal (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Conforme Teixeira (2001), sua absorção ocorre principalmente no intestino delgado e no abomaso. Cerca de 20 a 30% de Zn ingerido podem ser absorvidos no trato gastrointestinal. A absorção deste elemento pela mucosa intestinal envolve difusão facilitada⁶ e um processo mediado por carreadores⁷. Vários fatores podem interferir na absorção, como a presença de cálcio (Ca), fósforo (P), dieta rica em fibras e substâncias que podem acelerar a absorção, tais como aminoácidos e ácido picolínico⁸ (OLIVEIRA, 1999).

Teixeira (2001), afirma que vacas em lactação alimentadas com níveis inferiores a 40 ppm ajustam o metabolismo de Zn rapidamente. Estes ajustes incluem aumento na percentagem de Zn dietético absorvido, maior rapidez no seu metabolismo e uma redução de 23% no conteúdo de Zn no leite. Conforme Lana (2005) o requerimento do elemento por ruminantes está na faixa entre 20 e 30 ppm, sendo 40 ppm para vacas lactantes.

Oliveira (1999) ressalta que a transferência de Zn através da barreira placentária é lenta. Cerca de 3% do Zn materno atinge o compartimento fetal em duas horas, assim animais jovens podem ser expostos ao Zn também através da amamentação.

O metal pode também ser eliminado pelas fezes que é a principal via de excreção, quando o metal é introduzido no organismo via oral. Outras vias de excreção de menor importância são a saliva, o cabelo e o suor (OLIVEIRA, 1999).

Conforme Wunsch et al. (2005), os teores de Zn nas pastagens apresentaram pequena variação entre 15,4 e 26,2 ppm, sendo que o valor mais

⁶ É a passagem do soluto pela membrana por meio da diferença de concentração e do gradiente elétrico entre os dois lados (o seu gradiente eletroquímico). A força que impulsiona o soluto para dentro ou para fora da célula é a agitação térmica das moléculas do soluto. É um processo que não consome energia (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

⁷ São proteínas de transporte (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

⁸ Age como um agente de quelação para o transporte de metais, caso contrário ele não atravessa as membranas celulares (SANTI, 2010).

baixos coincidem com o final da primavera e o valor mais alto faz referência ao outono e final do inverno.

1.2.1.3 Manganês (Mn)

O Mn atua na atividade de algumas enzimas, formação de cartilagem, ossos e tecidos conectivos. Atua ainda na coagulação sanguínea, na ação da insulina e na síntese de colesterol (LANA, 2005).

É encontrado em baixas concentrações nos tecidos, contudo, os órgãos glandulares (fígado, rins, pâncreas e pituitária) exibem as mais altas concentrações. Sua deficiência em rebanhos leiteiros não é um problema comum (TEIXEIRA, 2001).

Os sinais clínicos de deficiência incluem crescimento sub-ótimo de tecidos moles e esqueléticos, redução da resistência à fraturas dos ossos, conformação óssea anormal, ataxia, fraqueza muscular, acúmulo de gordura corporal, diminuição da lactogênese, cio tardio, irregular ou ausente, reabsorção fetal, deformidades fetais, baixo peso ao nascer (McDOWELL, 1999).

Teixeira (2001) ressalta que o conteúdo de Mn dos alimentos é muito variável e é influenciado pelos tipos de solo, pH, fertilização e espécie de planta. Em geral, forragens contêm níveis mais altos de Mn que grãos (milho, aveia, cevada). Em bovinos a toxicidade é improvável ocorrer, sendo a quantidade máxima tolerável de 1.000 ppm em curtos períodos.

Entretanto, Lana (2005) apresenta resultados bastante inferiores, sendo relatado pelo autor requerimento de 20 ppm para animais ruminantes e recomendado de 40 ppm para bovinos em reprodução.

Segundo Underwood e Suttle (1999), as concentrações de Mn declinariam com a idade da planta, mas isto não foi observado no trabalho de Wunsch et al., (2005).

Wunsch et al., (2005) encontraram valores de Mn em pastagens em torno de 366 ppm. O mesmo ocorreu com Cavalheiro e Trindade (1992), que observaram valores para o Mn de 318ppm, 253ppm, 232ppm e 325ppm, na primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.

Ao compararem-se os níveis de Mn observados nas pastagens com as exigências de bovinos de corte em crescimento e terminação, estimadas em 20 ppm

pelo NRC (1996), e com a exigência de vacas em gestação e lactação, estimadas em 40 ppm é possível constatar-se que a pastagem é capaz de suprir adequadamente todas as categorias avaliadas. Entretanto, teores acima de 1000 ppm de Mn, representam concentração máxima tolerada pelos animais.

1.2.1.4 Ferro (Fe)

O Fe é um componente essencial da hemoglobina⁹, mioglobina¹⁰, citocromos¹¹ e outros sistemas enzimáticos e está envolvido no transporte de oxigênio para células. O requerimento de Fe para ruminantes não é bem estabelecido. É geralmente aceito, contudo, o requerimento de Fe para animais adultos em torno de 100 ppm, a reserva deste elemento está principalmente no fígado e geralmente previne graves anemias (TEIXEIRA, 2001). Entretanto Lana (2005) apresenta valores referentes ao requerimento deste elemento por ruminantes na faixa entre 25 a 40 ppm.

Os sintomas de deficiência de Fe são comuns em animais lactentes, devido à baixa presença no leite. Exemplos de deficiência é a anemia, devido ao baixo número de células vermelhas, que causa palidez das membranas das mucosas; a queda na taxa de crescimento; e a baixa resistência a doenças (LANA, 2005).

McDowell (1999) afirma que dificilmente a deficiência de Fe acomete animais adultos, a menos que ocorra considerável perda de sangue por parasitoses.

Teixeira (2001) afirma que a concentração de 1.000 ppm parece ser o nível máximo tolerável por bovinos, sendo a intoxicação caracterizada por diarreia, hipertemia, acidose metabólica, redução na ingestão de alimentos e ganho diário.

As fontes de Fe na alimentação de ruminantes são o sulfato de ferro II (FeSO_4), o sulfato de ferro III ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), o cloreto de ferro II (FeCl_2) e o cloreto de ferro III (FeCl_3), sendo o óxidos de ferro II (FeO), III (Fe_2O_3) e o óxido de ferro misto

⁹ É uma proteína que contém Fe presente nos glóbulos vermelhos (eritrócitos) e que permite o transporte de oxigênio pelo sistema circulatório (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

¹⁰ É uma proteína que contém um grupo prostético heme no centro, principal pigmento carregador de oxigênio dos tecidos musculares, apesar de não realizar o transporte de oxigênio, como a hemoglobina o faz. É um dos principais pigmentos da carne, dando a esta sua coloração vermelha quando fresca, marrom quando cozida e rosada quando curada. A sua principal função é a de reserva de oxigênio nos músculos dos mamíferos (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

¹¹ É uma proteína, geralmente ligadas a uma membrana, que contém grupos heme e que efetuam o transporte de elétrons (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

(Fe_3O_4) indisponíveis para os animais, por serem encontrados na natureza como o mineral hematita (TEIXEIRA, 2001).

Segundo Mengel e Kirkby (1982), o Fe^{3+} é reduzido a Fe^{2+} , que é a forma assimilável pelas plantas. No fim do inverno ou início da primavera, por ocasião do rebrote ou crescimento rápido das pastagens nativas, as concentrações de Fe podem atingir níveis muito elevados.

De forma semelhante, Cavalheiro e Trindade (1992) encontraram teores médios de 235 ppm de Fe na primavera, 167 no verão, 206 no outono e 462 ppm no inverno. Senger (1997) observou valores médios de 173 a 415 ppm de ferro na primavera, 171 ppm no verão, 354 ppm no outono e 481 ppm no inverno, em pastagens nativas da Campanha e Depressão Central do RS.

Conforme os ensaios apresentados anteriormente os níveis de Fe encontrados nas pastagens são suficientes para atender às exigências dos bovinos, estimadas pelo NRC (1996) em 50 ppm.

Ainda, pode existir a possibilidade de uma deficiência de Fe em pastagens nas quais ocorram valores baixos deste mineral (abaixo de 150 ppm) junto com valores muito altos de Mn (acima de 400 ppm), devido ao antagonismo entre esses minerais (WUNSCH et al., 2005).

1.2.1.5 Alumínio (Al)

O Al é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é encontrado em quantidades traços nas plantas e animais. Não está comprovado que o Al seja essencial para animais, sendo que a ingestão de alimentos com grandes quantidades de Al provocam efeitos tóxicos, interferindo na absorção de vários minerais (TEIXEIRA, 2001).

É um metal leve, macio e resistente, de aspecto cinza prateado e que devido à sua grande reatividade química é usado, como combustível sólido para foguetes e para a produção de explosivos, indústria dos transportes (material estrutural), embalagens (latas), construção civil (janelas, portas) e bens de uso (ferramentas) (KLÖPPEL; FLIEDNER; KÖRDEL, 1997). Entre 2001 – 2005 a produção mundial de Al aumentou 30%, o que demonstra conseqüentemente que também um maior número de trabalhadores foi exposto aos seus efeitos (MEYER-BARON et al., 2007).

Na maioria dos solos brasileiros, o teor de Al livre frequentemente atinge níveis tóxicos para as plantas, sendo muitas vezes, fator limitante ao aumento da produtividade das culturas. O efeito tóxico pode manifestar-se pela limitação do desenvolvimento do sistema radicular, e pela interferência na absorção, transporte e utilização de nutrientes (SILVA; NOVAIS; SEDIYAMA, 1984).

O Al em solos com pH baixo, geralmente menor que 5,0, provoca decomposição nas estruturas minerais da argila migrando para a fração trocável ou para a solução do solo. Entretanto, este Al nas camadas superficiais dos solos ácidos, pode ser precipitado com o uso da calagem, podendo, porém, permanecer solúvel no subsolo e tóxico às plantas, restringindo o crescimento das raízes principalmente dos genótipos sensíveis (CAMARGO e OLIVEIRA, 1981).

A problemática do Al tem décadas de idade, mas só recentemente se confirmou que as suas propriedades neurotóxicas estão relacionadas com doenças como a neuro-degeneração, encefalopatia, demência dialítica, doença de Alzheimer e alterações neuro-comportamentais (MEYER-BARON et al., 2007).

Ainda conforme Meyer-Baron et al. (2007), isto acontece porque o Al multiplica os mecanismos de toxicidade no cérebro, o que tem um impacto nos processos básicos e a sua acumulação ou a acumulação das suas diferentes formas podem afetar em particular o hipocampo¹² e o córtex cerebral¹³.

Nos ossos o Al pode interferir com a captação do Ca pelo osso conduzindo a osteomalacia, sendo que a sua presença bloqueia a captação do Ca, além de promove perdas de cálcio por excreção (KLEIN, 2005).

No ambiente estudos demonstram que compostos de Al tal como o cloreto de alumínio ($AlCl_3$) são extremamente tóxicos para os ovos dos peixes e produtores primários (algas) e tóxico para peixes e consumidores de primeira ordem (KLÖPPEL; FLIEDNER; KÖRDEL, 1997).

¹² É uma estrutura localizada nos lobos temporais do cérebro humano, considerada a principal sede da memória (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

¹³ Corresponde à camada mais externa do cérebro dos vertebrados, sendo rico em neurônios e o local do processamento neuronal mais sofisticado e distinto (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

1.2.2 Elementos Químicos Tóxicos

Os elementos prejudiciais a saúde do animal, são principalmente os metais pesados, considerados elementos tóxicos. Mas, qualquer elemento, dependendo da concentração e forma química pode ser tóxico. Isto acontece mesmo com os elementos essenciais, no momento que, seu excesso prejudica o equilíbrio que, normalmente, ajudam a estabelecer (FELCMAN, sd).

A distribuição dos elementos tóxicos em perfis de solos é variável, devido às diferenças na capacidade de retenção dos componentes das diversas camadas (BERROW e MITCHELL, 1980).

Gomes et al. (1997) relata que quanto à origem, os metais presentes no solo podem ser divididos em litogênicos e antropogênicos. A fração litogênica é oriunda de fontes geológicas, como resíduo de rocha, ou é liberada por ocasião do intemperismo.

O teor natural dos elementos tóxicos no solo varia muito com o tempo de intemperismo e a composição química do material de origem. A composição elementar total no solo tem utilidade limitada, mas é importante conhecê-la para se ter idéia do seu teor no ambiente, tanto em estudos de contaminação e poluição, quanto em estudos pedológicos. Se um elemento pode representar um perigo eminente à cadeia alimentar, é importante avaliar seu teor disponível ou solúvel, uma vez que ambos vão estar relacionados com a mobilidade e com a absorção pelas plantas (CAMARGO; ROVERS; VALADARES, 1989).

Ainda conforme Camargo, Rovers e Valadares (1989), as principais fontes antropogênicas de metais no solo são mineração e beneficiamento de metais, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes, lodos de esgotos urbanos e/ou industriais, queima de combustíveis fósseis, águas residuárias, resíduos de indústrias de beneficiamento químico, manufaturação e disposição de artigos eletrônicos, de caça e pesca e de treinamento militar e de guerra.

Embora a presença desses elementos, especialmente os metais tóxicos, seja generalizada nos solos em condições naturais, as atividades humanas acabam, de alguma forma, adicionando ao solo materiais que contêm esses elementos, os quais podem atingir concentrações muito altas, que comprometem a qualidade do ecossistema (GOMES et al. 1997).

1.2.2.1 Cromo (Cr)

O Cr é encontrado tanto nos solos, água de abastecimento e superficial, plantas, como nos animais e no homem, sempre em concentrações baixas (Tabela 2). A sua deficiência vem sendo associada a alterações no metabolismo da glicose, lipídios e proteínas (FELCMAN, sd).

Tabela 2. Concentrações médias de Cr no solo, água superficial e água de abastecimento.

Ponto de coleta	Teor de Cr
Solo	5 – 1500 ppm
Água superficial	1 – 10 µg/L
Água de abastecimento	< 5 µg/L

Fonte: ANDREOLI et al. (1992).

O Cr é um nutriente essencial que potencializa a ação da insulina e assim influencia no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas (OMS, 1998). Sua forma metálica não revela características tóxicas. Os principais riscos para a saúde devem-se à forma hexavalente (Cr^{6+}), mais tóxica que a trivalente (Cr^{3+}), por penetrar facilmente no interior das células e ter capacidade de oxidar esses meios, sendo-lhe por isso atribuídas propriedades cancerígenas. Pode causar danos no fígado, rins e pele (ABREU, ABREU e BERTON, 2002).

Conforme Venezuela (2001), a forma estável deste metal é o Cr^{3+} e é considerada a forma essencial sob a qual este elemento apresenta atividade biológica, não havendo evidências sobre a toxicidade de compostos nesta forma. Já o Cr^{6+} , presente nos cromatos, é 100 vezes mais tóxico para as plantas, animais e homem que o Cr^{3+} . Dados sobre os riscos de intoxicação por Cr via ingestão de alimentos, são raros. Na cadeia alimentar, 60% do Cr é encontrado em plantas. Assim, o consumo elevado de vegetais contendo este metal pode constituir uma via de exposição significativa a este elemento.

O Cr pode estar contido em uma série de grupos alimentícios, como por exemplo: carne (suíno e ave), peixes, vegetais, noz, leite, queijo, açúcar refinado e na gema do ovo, variando de 5 – 250 ppm (OMS, 2008). Este elemento também pode estar presente no germe de trigo, condimentos, óleo de milho, frutas, cacau, fermento (pão), arroz e mel em quantidades que variam de 2 – 136 ppm

(BLAUROCK-BUSCH e GRIFFIN, 1996). A quantidade de Cr observada em alimentos pode variar substancialmente. Esta diferença observada pode ser atribuída à influência do local de plantio.

O Cr transportado pelo sangue concentra-se, especialmente, no fígado, rim, baço e pulmão. O metal pode ser transferido para o feto através da passagem transplacentária e para recém-nascidos via leite materno (VENEZUELA, 2001).

O Cr é preferencialmente excretado pelos rins. Parte do Cr inalado é excretado por meio da via fecal. O cabelo, as unhas, o leite e o suor são vias de excreção de menor importância (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Os benefícios da suplementação com o Cr à alimentação de bovinos de corte e leite estão ligados ao desempenho – ganho médio diário e produção de leite, ao sistema imune – aumento nos níveis de imunoglobulinas e anticorpos, à redução de desordens metabólicas – cetose subclínica, à redução dos efeitos do stress – diminuição do cortisol sérico (MONSIER-SHAGEER e MOWAT, 1992).

De acordo com o NRC (1996; 2001) as informações atualmente disponíveis não são suficientes para determinar os requerimentos diários de Cr para bovinos.

1.2.2.2 Cádmio (Cd)

O Cd é tóxico quando ingerido ou inalado, pois pode ser depositado e acumulado em vários tecidos do corpo. Não é um elemento essencial na alimentação humana e animal. A fonte mais importante do mesmo, esta na ingestão deste metal em alimentos contaminados (SALADO e PRADO FILHO, 1987).

Este metal encontra-se presente em vários tipos de alimentos, tais como peixes, frutos do mar, frutas, batata, legumes, verduras, milho, trigo, pão, carne bovina, leite, margarina e banha. A maior fonte de Cd através dos alimentos encontra-se nos cereais em grãos (PAIS e BENTON, 1997).

O Cd é considerado um elemento raro (frequentemente constitui 0,1 a 0,2 ppm da crosta terrestre), que ocorre como uma impureza ou na superfície de contato de outros elementos minerais, especialmente sulfeto de zinco (ZnS) (TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2001).

Alloway (1990) afirma ainda que na natureza, é um elemento traço cuja concentração na crosta terrestre varia de 0,15 a 0,20 ppm, a maior parte do Cd

utilizado na indústria foi produzido nos últimos 20 anos. Dados do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (SANEPAR) (1999) apontam que uma forma de introdução do Cd no solo é a utilização de lodo de esgoto em solos agrícolas, em relação a este material diversos países fixaram a concentração máxima permitida de metais em lodo de esgoto, como observado na tabela 3.

Tabela 3. Concentração máxima permitida de Cd em solos agrícolas, tratados com lodo de esgoto em diversos países.

Países	Concentração de Cd (ppm)
França	2
Alemanha ^a	1,5
Itália	3
Espanha	1
Reino Unido ^b	3
Dinamarca	0,5
Finlândia	0,5
Noruega	1
Suécia	0,5
Estados Unidos	20
Nova Zelândia	3
Canadá	1,6

Fonte: SANEPAR, 1999.

Nota: ^a: pH > 6. Para pH < 6, Cd = 1 ppm; ^b: pH entre 6 e 7.

O consumo, pelos ruminantes, de concentrações deste elemento excedendo 30 ppm tem produzido anorexia e diminuição da produção de leite e ganho de peso, acompanhado de aborto e defeitos nos bezerros (TEIXEIRA, 2001).

O Cd é considerado elemento de alta toxicidade, e causa severas alterações patológicas como disfunção renal, tumor e necrose testicular, arteriosclerose, lesões no sistema nervoso central e inibição de crescimento em seres humanos e animais (ANDRIGUETTO et al., 1990). O Cd ainda se acumula no leite, ovos e carne, sendo que sua concentração nos tecidos é proporcional a sua ingestão (SHIRLEY, 1985).

A absorção gastrointestinal é influenciada pelo tipo de dieta e pelas condições nutricionais. Em média 5% do total introduzido no organismo é absorvido. A exposição oral assume importantes proporções devido a biocumulação do Cd na cadeia alimentar (VENEZUELA, 2001).

No entanto, Teixeira (2001) afirma a intoxicação com Cd não é importante porque a maior parte das forragens apresenta poucos níveis deste elemento (0,55 ppm). A quantidade deste elemento secretada no leite é pequena e não é influenciada pela concentração na dieta.

Grande parte do Cd inalado ou ingerido é excretado pelas fezes. A excreção fecal, via de regra, reflete principalmente a poeira do Cd deglutida ou ingerida acidentalmente que ocorre via alimentos. Porém, quase todo Cd excretado pelas fezes é devido à não absorção pelo trato gastrointestinal. O nível de metal nas fezes é bom indicador da ingestão diária. A excreção é normalmente lenta e se dá igualmente pela urina e pelas fezes. A meia vida biológica é muito longa (décadas) e armazenamento se dá, além de nos rins e no fígado, nos músculos e por todo o corpo. Tal armazenamento é proporcionalmente aumentado em função da idade: quanto maior a idade, maior o armazenamento (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Conforme Alloway (1990), a concentração média de Cd na crosta terrestre é em torno de 1 ppm. Nas rochas ígneas sua concentração é a seguinte: 0,03 a 0,57 ppm nas rochas ultrabásicas, 0,01 a 0,6 ppm nas rochas básicas e 0,01 a 1,6 ppm nas rochas ácidas. Nas rochas sedimentares varia de 0,014 a 11 ppm. Nos sedimentos a média é em torno de 0,17 ppm. Nos solos sua concentração média é em torno de 0,2 ppm. Nas águas a concentração varia muito, podendo ir de 0,024 ppb a 12 ppm.

Takebayashi et al. (2000) confirmaram que o Cd foi responsável por problemas renais em pacientes humanos, induzindo osteomalácia¹⁴ pela atrofia no túbulo proximal com alterações na reabsorção de P.

1.2.2.3 Chumbo (Pb)

O Pb, como alguns metais pesados, não possui efeitos benéficos ou nutricionais desejáveis. É um metal tóxico que tende a acumular-se nos tecidos dos animais. Os efeitos tóxicos envolvem vários órgãos e são consequências de uma variedade de efeitos bioquímicos. Sua presença no organismo vivo pode ser prejudicial à saúde podendo levar à morte. O envenenamento resulta do acúmulo de Pb no organismo. Suas fontes mais comuns são os alimentos, a água, o ar e o fumo (através do cigarro) entre outras. Não existem evidências de uma função essencial no organismo humano (OSSANAI, 1979 apud, VENEZUELA, 2001).

¹⁴ É uma deficiência da mineralização da matriz do osso longos (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 1997).

É um elemento tóxico, e ocorre como contaminante ambiental devido seu largo emprego industrial, como: indústria extrativa, petrolífera, de acumuladores, tintas e corantes, de cerâmica e bélica, encontra-se intensamente no meio em que o homem vive, a população urbana defronta-se com este problema devido à constante emissão por veículos automotores, pelas indústrias, ou ainda pela ingestão de alimentos sólidos e líquidos contaminados (NRIAGU e PACYNA, 1988).

Segundo a OMS (1998), os alimentos que mais contribuem para a presença de Pb são cereais, carnes, vegetais verdes, frutas e conservas em geral. O pão, os cereais e as bebidas são responsáveis tipicamente, por aproximadamente 35% da ingestão diária de Pb e o restante sendo proveniente de uma variedade de alimentos.

Do ponto de vista toxicológico o Pb é causa comum de intoxicação em bovinos, sobretudo animais jovens, normalmente associada à ingestão de alimentos contaminados. Os efeitos tóxicos manifestam-se por encefalopatia, gastroenterite e degeneração dos nervos periféricos, podendo se acumular em tecidos dos animais e ser eliminado pelo leite, o que representa riscos à saúde pública (RADOSTITS et al., 2000).

Dados do SANEPAR (1999) apontam que uma forma de introdução do Pb no solo é a utilização de lodo de esgoto em solos agrícolas, em relação a este material diversos países fixaram a concentração máxima permitida de metais em lodo de esgoto, como observado na tabela 4.

Tabela 4. Concentração máxima permitida de Pb em solos agrícolas, tratados com lodo de esgoto em diversos países.

Países	Concentração de Cd (ppm)
França	100
Alemanha ^a	100
Itália	100
Espanha	50
Reino Unido ^b	300
Dinamarca	60
Finlândia	60
Noruega	50
Suécia	40
Estados Unidos	150
Nova Zelândia	550
Canadá	60

Fonte: SANEPAR, 1999.

Nota: ^a: pH > 6. Para pH < 6, Cd = 1 ppm; ^b: pH entre 6 e 7.

Segundo Marçal et al. (1999) suplementos minerais com restrito controle de qualidade por parte dos fabricantes, podem conter Pb suficiente para causar alterações clínicas importantes em bovinos, principalmente alterações reprodutivas como degeneração testicular em touros e acúmulo em ovários, causando aciclia em vacas e interferências no ciclo reprodutivo.

O Pb é considerado o maior poluente ambiental e tem sido causa da maioria das intoxicações nas criações animais. Uma das principais fontes de contaminação no solo, água, ar e alimentos tem sido a queima de combustível, contendo aditivos de chumbo. Outras causas de excesso de Pb incluem: baterias, massa de vidraceiro, linóleo, cobertura de asfalto, máquinas a óleo e resíduos de Pb perdido nos tiros (TEIXEIRA e TEIXEIRA, 2001).

O processo de absorção do Pb proveniente de fontes ambientais depende da quantidade do metal nas vias de introdução e de seu estado físico e químico. A absorção é também influenciada pelas características relacionadas ao hospedeiro como idade, estado fisiológico, condição nutricional e, possivelmente, fatores genéticos (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Teixeira (2001) afirma que a absorção deste elemento varia de 3 a 10% nos ruminantes e é influenciada pela idade, gestação, lactação, forma química e fatores dietéticos. Sua acumulação ocorre nos ossos, sua adição na dieta pode aumentar a sua concentração no leite porque ele passa prontamente à glândula mamária. O nível dietético máximo tolerável na dieta é de 30 ppm.

O Pb é eliminado do organismo através da urina e das fezes. Todo metal proveniente da dieta não absorvido pelo trato gastrointestinal é excretado nas fezes. Cerca de 60% do Pb absorvido são retidos pelo organismo e 40% é excretado sob condições constantes de exposições e baixas concentrações de Pb (OLIVEIRA, 1999).

Segundo Venezuela (2001), na crosta terrestre a concentração média de Pb é de 17 ppm, em rochas ultrabásicas a média é de 1 ppm, em rochas básicas é de 6 ppm e em rochas ácidas é de 24 ppm. Nas rochas sedimentares o teor varia de 4 a 47 ppm. Nos sedimentos varia de 17 a 27 ppm. Nos solos o teor médio é cerca de 16 ppm. Na água natural a concentração de Pb é cerca de 3 ppm.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Região Hidrográfica do Rio Paraná localiza-se na porção centro-sul do Estado, ocupando 141.350,03 km². É representada em Goiás pelos afluentes da margem direita do Rio Paranaíba, dentre os quais destacam-se os rios Corumbá, Meia Ponte, dos Bois, Claro e Aporé (SEPLAN, 2009).

Conforme dados do IBGE (2008) a Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba nasce na Serra da Mata da Corda no Estado de Minas Gerais a uma altitude de 1.140 m, percorre uma extensão de 1.120 km, até sua desembocadura no Rio Paraná. Sua bacia de captação e drenagem totaliza 220.195 km², sendo que 67,89% desta área localiza-se no Estado de Goiás.

Esta bacia hidrográfica é a mais densamente povoada, com população aproximada de 3,5 milhões de habitantes e apresenta a maior demanda hídrica do Estado de Goiás, trazendo como consequência grande pressão sobre os seus recursos naturais, principalmente os hídricos. Seus principais afluentes em Goiás são: Rio Corumbá, Rio Piracanjuba, Rio Meia Ponte, Rio dos Bois, Rio Turvo, Rio Verdão, Rio São Marcos, Rio Claro, Rio Verde, Rio Aporé e Rio Corrente (IBGE, 2008).



Figura 1. Localização dos municípios Piracanjuba, Morrinhos e Itumbiara visitados nas coletas de dejetos.

A bacia leiteira amostrada neste estudo localiza-se entre a margem esquerda da bacia do rio Meia Ponte (Este), a margem direita da bacia do rio Piracanjuba (Oeste) e a bacia do ribeirão Santa Maria (Sul), no alto da bacia do rio Paraná em Goiás, Brasil Central e compreende os municípios de Piracanjuba, Itumbiara e Morrinhos (Figura 1).

2.2 PONTOS DE COLETA

Na área escolhida para o estudo, foram definidos 25 pontos de coleta de amostras de fezes. A localização das regiões e os pontos estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Localização das regiões e dos pontos de coleta de fezes.

Região	Amostra	Localização
Morrinhos (A)	1	S 17°44'10.40" W 48°53'35.50"
	2	S 17°42'17.30" W 48°54'43.10"
	3	S 17°55'40.70" W 48°57'31,40"
	4	S 17°48'23.00" W 49°20'54.40"
	5	S 17°45'51.60" W 49°15'39.10"
	6	S 17°39'16.70" W 49°08'21,50"
	7	S 17°39'58.20" W 49°11'26.30"
	8	S 17°46'55.30" W 49°16'18.55"
	9	S 17°45'47.30" W 49°17'36.50"
	10	S 17°40'47.00" W 49°12'58.00"
	11	S 17°52'14.00" W 48°56'54.00"
	12	S 17°17'44.00" W 48°56'44.00"
Itumbiara (B)	1	S 18°11'58.00" W 49°09'15.00"
	2	S 18°12'24.00" W 19°07'59.00"
	3	S 18°12'11.00" W 49°08'42.00"
	4	S 18°13'11.00" W 49°09'44.00"
	5	S 18°14'44.00" W 49°11'23.00"
	6	S 18°11'58.00" W 49°09'15.00"
Piracanjuba (C)	1	S 17°23'49.00" W 49°09'49.00"
	2	S 17°12'01.00" W 49°03'34.00"
	3	S 17°07'57,00" W48°59'13.00"
	4	S 17°08'21.90" W48°57'50.80"
	5	S 17°25'37.70" W48°58"01.50"
	6	S 17°21'58.00" W49°08'14.00"
	7	S 17°14'30.18" W 48°55'59.88"

As amostras foram coletadas em propriedades de atividade leiteira de pequeno e médio porte sendo 12 coletas realizadas no município de Morrinhos (Figura 3), 6 em Itumbiara (Figura 4), e 7 em Piracanjuba (Figura 5), que utilizavam aguadas naturais, em riachos de 1ª ou 2ª ordem.

Conforme Welcomme (1985), uma bacia fluvial é formada por uma sequência de corpos d'água, que se organizam de forma dendrítica. Seus componentes se classificam por categorias, sendo a menor destas categorias formada pelos riachos de 1ª ordem, que constituem as cabeceiras das bacias e não tem tributários. Quando dois riachos de 1ª ordem se juntam forma um riacho de 2ª ordem. Vale ressaltar que os riachos de 1ª ordem são sempre os mais numerosos e a soma de seus comprimentos lineares é próxima da metade do comprimento linear de toda a bacia de drenagem.

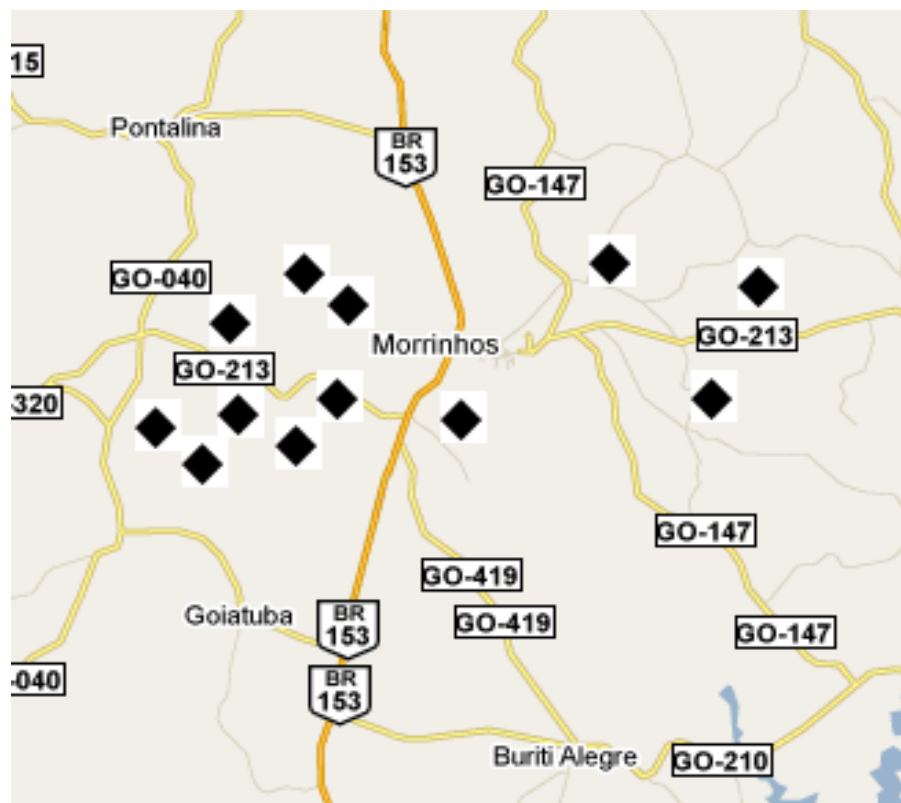


Figura 2. Pontos de coleta no Município de Morrinhos.

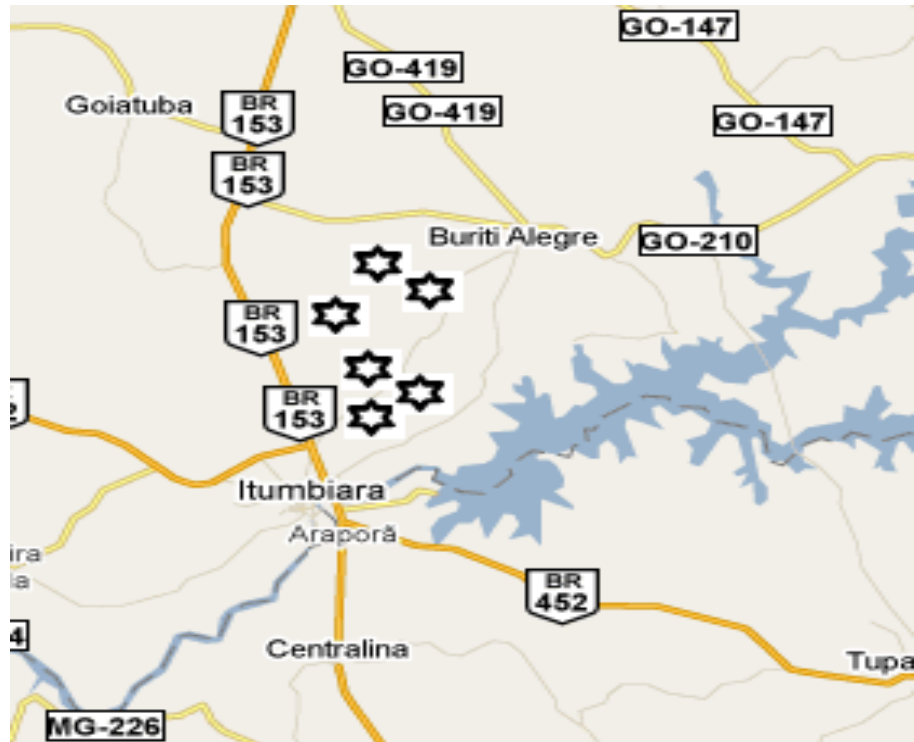


Figura 3. Pontos de coleta no Município de Itumbiara.

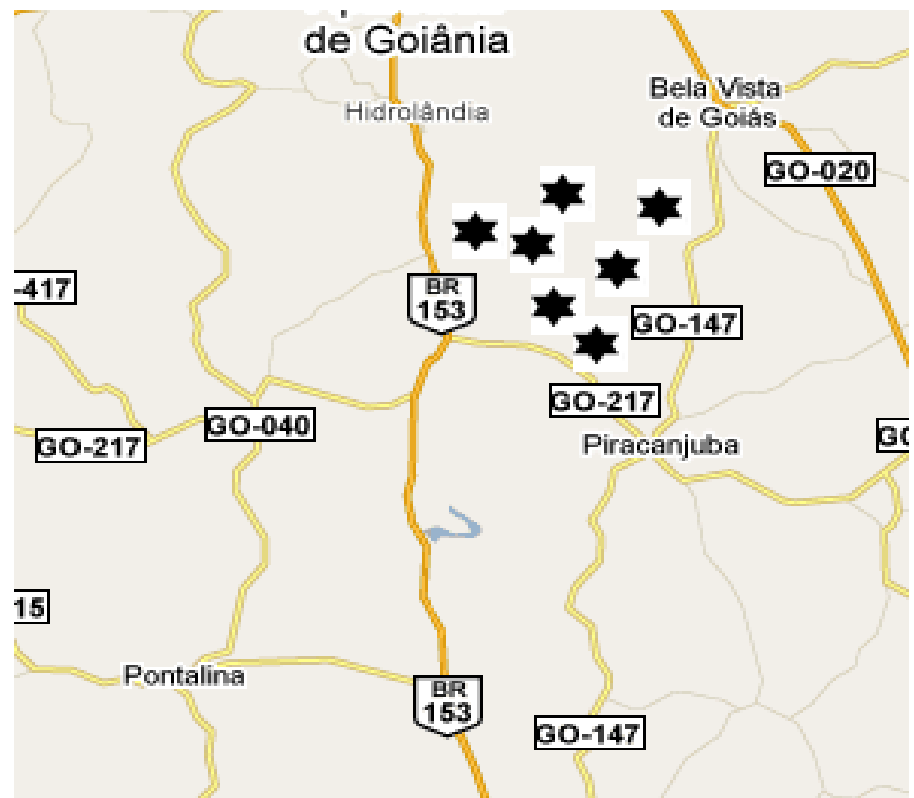


Figura 4. Pontos de coleta no Município de Piracanjuba.

Os pontos de coleta foram geoposicionados, utilizando-se GPS de navegação.

2.3 COLETA DAS AMOSTRAS

Realizaram-se coletas aleatórias de dez amostras de fezes frescas de bovinos em lactação por propriedade, totalizando 25 amostras simples. As mesmas foram armazenadas em sacos plásticos individuais, identificadas e acondicionadas em caixa de isopor a temperatura de 4°C ainda no campo.

No laboratório as amostras foram conservadas em freezer até a finalização de todas as coletas, para posterior pré-tratamento.

2.4 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

O pré-tratamento das amostras foi realizado no Laboratório de Solos e no Centro de Biologia Aquática, no Departamento de Zootecnia, campus II, na Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO).

As amostras foram descongeladas e homogeneizadas, gerando uma amostra por propriedade, sendo que dez amostras simples resultaram em uma amostra composta por propriedade, totalizando 25 amostras compostas de fezes. Este procedimento foi realizado em Becker com ajuda de bastão, ambos de vidro e esterilizados para evitar alteração dos resultados.

Após a homogeneização as amostras fecais foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a $60\pm 5^{\circ}\text{C}$, por 72 horas (SILVA, 1990) ou até estabilização do peso pela perda de umidade. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm, e armazenadas em sacos plásticos identificados como amostras compostas por propriedade.

2.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE-PR) campus Marechal Cândido Rondon para as devidas análises químicas.

Para determinação dos metais Cu, Zn, Mn, Fe, Al, Cr, Cd e Pb, efetuaram-se digestões totais das amostras, utilizando-se o método nitro-peróxido (AOAC, 1990) e, em seguida, a determinação por espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (EAA–chama), utilizando curvas com padrões certificados para todos os metais de acordo com a metodologia proposta por Welz (1985).

2.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa Instat (2006) e as médias comparadas por meio do teste Tukey ($p < 0,05$).

Os coeficientes de variação foram calculados através da seguinte fórmula:

$$CV = \frac{DP}{\bar{X}} \times 100$$

sendo,

CV = Coeficiente de Variação

DP = Desvio Padrão

\bar{X} = Média de um conjunto de valores amostrais

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ELEMENTOS QUÍMICOS ESSENCIAIS

3.1.1 Cobre

Na tabela 6, estão apresentados os teores médios de Cu, elemento químico essencial, encontrado nas fezes de bovinos em lactação em quatro regiões.

Tabela 6. Valores médios (ppm) da concentração de Cu nas fezes de bovinos em lactação.

Região	Amostra	Cu (ppm)
Morrinhos (A)	1	24,5
	2	80,5
	3	34,0
	4	45,5
	5	93,0
	6	68,0
	7	36,5
	8	38,5
	9	47,0
	10	68,0
	11	41,5
	12	57,0
Itumbiara (B)	1	23,0
	2	54,0
	3	190,5
	4	40,0
	5	44,5
	6	48,0
Piracanjuba (C)	1	83,5
	2	44,5
	3	26,0
	4	44,5
	5	39,5
	6	30,5
	7	23,0

Os valores de Cu encontrados nas fezes variaram entre 23 (região A, amostra 1) e 190,5 ppm (região A, amostra 3) e estão em conformidade com os encontrados na literatura que variam de 2 a 250 ppm para este metal em solos

(BAKER, 1990). Entretanto, a amostra 3, coletada na região de Itumbiara (B) apresentou a maior concentração de Cu dentre as propriedades analisadas (190,5 ppm).

De acordo com a resolução nº 420 do CONAMA (BRASIL, 2009) que dispõe sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, considera-se como contaminado por Cu o solo e a água que apresentarem valores iguais ou acima de 200 ppm e 2000 µg/L, respectivamente.

As propriedades analisadas apresentaram valores inferiores aos estabelecidos pela referida resolução, porém vale ressaltar que o Cu é um metal que faz parte da constituição de inúmeros materiais que o homem utiliza. Sendo assim, o solo acaba por ser destino final dos mesmos, tornando-se difícil encontrar área, urbana ou rural, que não esteja sujeita à sua contaminação.

3.1.2 Zinco

Na tabela 7, estão apresentados os teores médios de Zn, elemento químico essencial, encontrado nas fezes de bovinos em lactação em quatro regiões.

Os valores de Zn apresentados na tabela variaram entre 10 (região A, amostra 3) e 125,5 (região B, amostra 4) apresentando-se dentro da faixa tolerável para a deposição de dejetos extensivamente no solo.

O Zn pode ser encontrado em diferentes níveis normais no solo, conforme Simão e Siqueira (2001) a faixa varia de 17 a 125 ppm, sendo que solos com concentrações de metais acima desta faixa são considerados contaminados e representam alta toxicidade, podendo haver morte da vegetação.

De acordo com a resolução nº 420 do CONAMA (BRASIL, 2009) que dispõe sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas,

considera-se como contaminado por Zn o solo e a água que apresentarem valores iguais ou acima de 450 ppm e 1050 µg/L, respectivamente.

Tabela 7. Valores médios (ppm) da concentração de Zn nas fezes de bovinos em lactação.

Região	Amostra	Zn (ppm)
Morrinhos (A)	1	43,0
	2	109,0
	3	10,0
	4	113,5
	5	122,5
	6	102,0
	7	47,0
	8	43,0
	9	75,0
	10	114,5
	11	36,5
	12	102,5
Itumbiara (B)	1	20,0
	2	103,0
	3	120,0
	4	125,5
	5	100,0
	6	74,0
Piracanjuba (C)	1	60,0
	2	62,5
	3	39,5
	4	65,0
	5	46,5
	6	88,5
	7	50,0

As propriedades visitadas apresentaram valores abaixo do limite estabelecido pela resolução nº 420 do CONAMA, não sendo considerados para tanto fonte poluidora para o metal em questão.

3.1.3 Manganês

Na tabela 8, estão apresentados os teores médios de Mn, elemento químico essencial, encontrado nas fezes de bovinos em lactação em quatro regiões.

Os valores de Mn variaram entre 66,0 (região A, amostra 12) e 323,0 (região C, amostra 1). Segundo Teixeira (2001) em bovinos a toxicidade é improvável

ocorrer, sendo a quantidade máxima tolerável de 1000 ppm em curtos períodos. Além disso, conforme a dados do MAPA (1994) os suplementos minerais podem conter até 1000 ppm de Mn.

Tabela 8. Valores médios (ppm) da concentração de Mn nas fezes de bovinos em lactação.

Região	Amostra	Mn (ppm)
Morrinhos (A)	1	139,5
	2	158,5
	3	88,0
	4	177,0
	5	186,0
	6	141,5
	7	100,5
	8	134,0
	9	295,5
	10	317,0
	11	222,5
	12	66,0
Itumbiara (B)	1	223,0
	2	212,0
	3	234,0
	4	178,5
	5	187,0
	6	186,5
Piracanjuba (C)	1	323,0
	2	159,5
	3	212,5
	4	206,0
	5	166,0
	6	155,5
	7	173,0

Entretanto, de acordo com a resolução nº 420 do CONAMA (BRASIL, 2009) que dispõe sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, considera-se como contaminado por Mn o solo que apresentar qualquer nível este elemento e a água que apresentar valores iguais ou acima de 400 µg/L.

Sendo assim, baseando-se na resolução nº 420 do CONAMA os solos tem altas possibilidades de estar contaminado, uma vez a análise dos dejetos apresentou níveis significativos deste elemento.

3.1.4 Ferro

Na tabela 9, estão apresentados os teores médios de Fe, elemento químico essencial, encontrado nas fezes de bovinos em lactação em quatro regiões.

Tabela 9. Valores médios (ppm) da concentração de Fe nas fezes de bovinos em lactação.

Região	Amostra	Fe (ppm)
Morrinhos (A)	1	1109,5
	2	431,0
	3	1099,5
	4	407,5
	5	1067,0
	6	293,5
	7	906,0
	8	1452,0
	9	1025,0
	10	1200,5
	11	1342,5
	12	1265,0
Itumbiara (B)	1	1226,0
	2	891,0
	3	728,0
	4	1187,0
	5	964,0
	6	1487,5
Piracanjuba (C)	1	1502,0
	2	787,0
	3	866,0
	4	1178,0
	5	921,0
	6	1209,0
	7	1174,0

Os teores de Fe variaram entre 293,5 (região A, amostra 6) e 1502,0 (região C, amostra 1). Lana (2005) apresenta valores referentes ao requerimento deste elemento por ruminantes na faixa entre 25 a 40 ppm. Já a IN nº 15 do MAPA (BRASIL, 2001) não limita a utilização deste elemento em suplementação mineral para bovinos.

Entretanto, e acordo com a resolução nº 420 do CONAMA (BRASIL, 2009) que dispõe sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de

áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, considera-se como contaminado por Fe o solo que apresentar qualquer nível este elemento e a água que apresentar valores iguais ou acima de 2450 µg/L.

Sendo assim, baseando-se na resolução nº 420 do CONAMA os solos tem altas possibilidades de estar contaminado, uma vez a análise dos dejetos apresentou níveis significativos para este elemento.

3.1.5 Alumínio

O Al não foi encontrado nas amostras analisadas. Estudos comprovam que ao ser ingerido o Al é eliminado em sua maior parte nas fezes e a pequena quantidade de Al solúvel que é absorvida é transportada pela corrente sanguínea e excretada na urina.

3.1.6 Análises Estatísticas para Metais Essenciais

Os dados referentes a comparação das médias dos metais essenciais (Cu, Zn, Mn e Fe) nas regiões avaliadas encontram-se dispostos na tabela a seguir.

Tabela 10. Médias e erro padrão de metais essenciais (Cu, Zn, Mn e Fe) em ppm nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.

Regiões	Cu	Zn	Mn	Fe
Morrinhos	55,66±7,60 ^a	87,37±15,18 ^a	168,83±22,35 ^a	966,58±111,07 ^a
Itumbiara	66,66±25,13 ^a	91,91±16,51 ^a	203,50±9,25 ^a	1080,58±111,34 ^a
Piracanjuba	41,64±7,69 ^a	58,85±6,04 ^a	199,35±22,26 ^a	1091,00±93,16 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferente significativamente ($p > 0,05$).

Observando os dados pode-se perceber que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em nenhum dos metais essenciais avaliados considerando as três regiões de estudo. Este fato pode ser explicado pela semelhança do manejo adotado nos rebanhos das propriedades visitadas; por estarem na mesma bacia hidrográfica; e por possuir características semelhantes em relação ao tipo de produção.

Pode-se perceber através da análise estatística que não houve uma região onde os valores em ppm para a concentração de metais foi menor em todos os metais analisados. Sendo que a região de Piracanjuba apresentou os menores teores de Cu e Zn e a região de Morrinhos os menores teores para Mn e Fe. A presença dos metais essenciais avaliados pode ser explicada, em parte, pelo manejo dos animais, uma vez que sendo essenciais ao metabolismo do animal, estes são administrados aos mesmos, sendo incorporados ao alimento concentrado que é fornecido.

Os dados referentes ao coeficiente de variação dos metais essenciais avaliados dentro das regiões de estudo, encontram-se dispostos na tabela 11.

Tabela 11. Coeficientes de variação de metais essenciais (Cu, Zn, Mn e Fe) nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.

Regiões	Cu (%)	Zn (%)	Mn (%)	Fe (%)
Morrinhos	47,35	60,18	45,85	39,80
Itumbiara	92,80	44,01	11,13	25,24
Piracanjuba	48,89	27,18	29,55	22,72

Conforme os resultados apresentados pode-se observar que onde o coeficiente de variação é menor houve menor interferência do ambiente, entretanto, onde o coeficiente de variação é maior houve maior interferência do ambiente.

Por se tratar de experimento realizado a campo, onde interferências ambientais acontecem com frequência durante a coleta, estes valores são aceitáveis. Outro fator que pode explicar, em partes, os altos valores encontrados no coeficiente de variação é a metodologia utilizada no pré-tratamento das amostras, onde as amostras simples foram homogeneizadas e formaram amostras compostas que foram submetidas às análises.

3.2 Elementos Químicos Tóxicos

3.2.1 Cromo

Na tabela 12, estão apresentados os teores médios de Cr, elemento químico tóxico, encontrado nas fezes de bovinos em lactação em quatro regiões.

Tabela 12. Valores médios (ppm) da concentração de Cr nas fezes de bovinos em lactação.

Região	Amostra	Cr (ppm)
Morrinhos (A)	1	10,5
	2	4,5
	3	16,0
	4	7,0
	5	13,0
	6	7,0
	7	4,0
	8	15,0
	9	6,0
	10	11,0
	11	18,0
	12	17,5
Itumbiara (B)	1	12,5
	2	4,5
	3	7,0
	4	9,0
	5	12,5
	6	28,5
Piracanjuba (C)	1	42,0
	2	6,0
	3	12,0
	4	12,5
	5	23,5
	6	21,0
	7	15,0

Os teores de Cr variaram entre 4,0 (região A, amostra 7) e 42,0 (região C, amostra 1). Conforme Simão e Siqueira (2001) o metal Cr encontra-se normalmente em uma faixa de concentração que vai de 7 a 221ppm, sendo que solos que apresentem concentrações de metais acima destas faixas são considerados contaminados e representam alta toxicidade, podendo haver morte da vegetação.

De acordo com a resolução nº 420 do CONAMA (BRASIL, 2009) que dispõe sobre os valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, considera-se como contaminado por Cr o solo e a água que apresentarem valores iguais ou acima de 150 ppm e 50 µg/L, respectivamente.

Com base nos dados apresentados por Simão e Siqueira (2001) e tendo como base a resolução N°420 do CONAMA (BRASIL, 2009) os solos não estão sendo contaminados pelo metal Cr, recebendo concentrações deste dentro do limite tolerável para sua aplicação deste metal em solo.

3.2.2 Cádmio e Chumbo

Os metais Cd e Pb não foram detectados utilizando-se o método nitro-peróxido (AOAC, 1990).

Conforme Teixeira e Teixeira (2001), o Cd é considerado um elemento raro (frequentemente constitui 0,1 a 0,2 ppm da crosta terrestre), que ocorre como uma impureza ou na superfície de contato de outros elementos minerais, especialmente sulfeto de zinco (ZnS).

Em relação a contaminação do solo pelo Pb, Larini (1993) relata que esta pode advir de forma natural ou geológica, como também através de atividades exercidas pelo homem (mineração, indústria e transporte). Sendo assim, o teor de Pb nos solos varia de região a região: em regiões próximas às vias de tráfego intenso e de indústrias, os teores de Pb são bem mais elevados que aqueles encontrados em áreas isoladas.

O pH do solo influencia a mobilidade do metal no solo, que pode sofrer modificações, formar compostos menos solúveis e tornar-se menos disponível. Em solos cultivados os níveis de Pb podem variar de 20 a 80 ppm (TSALEV e ZAPRIANOV, 1995).

3.2.3 Análises Estatísticas para Metais Tóxicos

Os dados referentes a comparação das médias do metal tóxico (Cr) nas regiões avaliadas encontram-se dispostos na tabela a seguir.

Observando os dados abaixo pode-se perceber que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao metal tóxico Cr avaliado considerando as três regiões de estudo. Este fato pode ser explicado pela semelhança do manejo e características das propriedades visitadas nas três regiões de estudo.

Tabela 13. Médias e erro padrão de metal tóxico (Cr) em ppm nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.

Regiões	Cr
Morrinhos	10,79±1,46 ^a
Itumbiara	12,33±3,47 ^a
Piracanjuba	18,85±11,75 ^a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferente significativamente ($p>0,05$).

Embora não tenha havido diferença estatística significativa, a região de Piracanjuba foi a que apresentou os valores mais altos para a concentração em ppm do metal Cr. Este fato pode ser explicado, em parte, pelo manejo e pelo volume de produção observados na região.

Os dados referentes ao coeficiente de variação do metal tóxico cromo avaliado dentro das regiões de estudo, encontra-se dispostos na tabela 14.

Tabela 14. Coeficientes de variação de metal tóxico (Cr) nas regiões Morrinhos, Itumbiara e Piracanjuba.

Regiões	Cr (%)
Morrinhos	47,08
Itumbiara	69,01
Piracanjuba	62,33

Conforme os resultados pode-se observar que onde o coeficiente de variação é menor houve menor interferência do ambiente, entretanto, onde o coeficiente de variação é maior houve maior interferência do ambiente.

Por se tratar de experimento realizado a campo, onde interferências ambientais acontecem com frequência durante a coleta, estes valores são aceitáveis. Outro fator que pode explicar, em partes, os altos valores encontrados no coeficiente de variação é a metodologia utilizada no pré-tratamento das amostras, onde as amostras simples foram homogeneizadas e formaram amostras compostas que foram submetidas às análises.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contaminação por metais tóxicos em solos agricultáveis é um dos principais problemas ambientais e pode limitar a expansão de atividades agropecuárias uma vez que os metais que tendem a se acumular na superfície, além de serem absorvidos pelas plantas, contaminando os produtos de origem animal e por consequência os consumidores destes produtos, as águas superficiais e o lençol freático, já que alguns metais se movimentam em profundidade no solo.

Os solos do Cerrado apresentam geralmente pobreza de nutrientes, assim, compostos inorgânicos presentes nas fezes de bovinos criados extensivamente podem melhorar produtividade do ecossistema pastagem, entretanto, para a sua utilização o ideal é conhecer as formas químicas e as concentrações destes compostos no solo e também nos dejetos a serem utilizados. Através das visitas realizadas para a coleta dos materiais, observou-se que esta prática não é adotada pelos produtores familiares, uma vez que os mesmos não dispõem de recurso financeiro, informação ou assistência técnica para este fim.

Após análise dos dados foi possível observar que os elementos químicos essenciais Cu, Zn e Al apresentam níveis toleráveis para a deposição nas pastagens, entretanto, os elementos Mn e Fe estão fora do padrão estabelecido pela resolução nº 420 do CONAMA, podendo contaminar os solos onde estão sendo depositados estes dejetos.

A análise dos elementos químicos tóxicos apresenta somente o elemento Cr detectado, porém dentro da faixa aceitável pela resolução nº 420 do CONAMA, sendo que as amostras analisadas não apresentaram os elementos Cd e Pb.

Salienta-se que os níveis dos metais essenciais Cu, Zn e Al e do metal tóxico Cr estão dentro do limite aceito pela legislação, entretanto, a deposição contínua destes dejetos, através da criação extensiva, como vem ocorrendo nas regiões observadas podem, em longo prazo, pode causar acúmulo destes elementos nos solos sendo levados as águas subterrânea e superficial.

Este estudo serve para ajudar na construção de dados para indicação do uso agrícola de dejetos de bovinos em pastagens. Se faz necessário ainda, correlacionar estes dados as informações obtidas nas propriedades visitadas referentes a concentração destes metais no leite.

OBRAS CONSULTADAS

ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; BERTON, R.S., Análise química de solo para metais pesados. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 2, n. 5, p. 645-692, 2002.

AIROLDI, C. Química Inorgânica ou Química da Vida? *Quím. Nova*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 175-181, 1994.

ANDREOLI, C.V.; FERREIRA, A.C.; BONNET, B.; FERNANDES, F.; LARA, A.I.; PEGORINI, E.S. Produção real e estimativas teóricas de lodo de esgoto no estado do Paraná. In: Seminário Sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul, 1, 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba: SANEPAR/ABES, 1998. p.231-237.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A. de; BONA FILHO, A. *As bases e os fundamentos da nutrição animal: Os alimentos*. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1990.

ALLOWAY, B.J., 1990. *Heavy metals in soils*. London: Blackie A & P, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15 ed. Washington, DC, 1990.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. *Metais: gerenciamento da toxicidade*. São Paulo: Atheneu, 2003.

BAKER, D. E. Copper. In: ALLOWAY, B.J. (Org.). *Heavy Metals in Soils*. London: Blackie and Son Ltda. 1990. p. 151-176.

BERROW, M.L. e MITCHELL, R.L. Location of trace elements in soil profiles: total and extractable content of individual horizons. *Trans. R. Soc. Edinburger*, v. 71, p. 103-121, 1980.

BLAUROCK-BUSCH, E.; GRIFFIN, V. *Mineral and trace element analysis*. Boulber: TMI/MIM books, 1996.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria de Defesa Agropecuária. Programa de avaliação laboratorial de resíduos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1994.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA, ABASTECIMENTO E REFORMA AGRÁRIA, Instrução Normativa nº 15, de 17 de julho de 2001. Dispõe sobre a proibição da utilização de produtos de origem animal na alimentação de ruminantes. *Diário Oficial da União*, Brasília, nº 138, Seção 1, 18 jul. 2001.

BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA Nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 dez. 2009.

BRAZ, S.P.; NASCIMENTO JR.D.; CANTARUTTI, R.B.; REGAZZI, A.J.; MARTINS, C.E.; FONSECA, D.M. Reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens*: Aspectos quantitativos. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001, 58-59p.

BUENO, C.F.H. Produção e manejo de esterco. *Inf. Agropec*. Belo Horizonte, v.12, p.81-85, 1986.

CAMARGO, O.C.E.; OLIVEIRA, O.F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. *Bragantina*, Campinas, v. 40, p. 21-23, 1981.

CAMARGO, O.A.; ROVERS, H.; VALADARES, J.M.A. Adsorção de níquel em latossolos paulistas. *R. Bras. Ci. Solo*. Viçosa, v. 13, p. 125-129, 1989.

CAMPOS, A. T. *Tratamento e manejo de dejetos bovinos: instrução técnica para o produtor de leite*. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite. 2001.

CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. *Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo*. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzato, 1992.

CLIMEPSI, ED. *Glossário*. Disponível em: [http://< http://www.climepsi.pt/>](http://www.climepsi.pt/). Acesso em: 14 ago. 2010.

DOMINGUES, P.F.; LANGONI, H. *Manejo sanitário animal*. Rio de Janeiro: EPUB, 2001.

FELCMAN, J. *Elementos químicos importantes para a vida: cromo*. São Paulo: Gráfica e Editora Rebizzi S/A. s/d.

GARCIA-VAQUERO, E. *Projeto e construção de alojamento para animais*. 2. ed. Lisboa: Litexa Portugal. 1981.

GOMES, P. C.; FONTES, M. P. F.; COSTA, L. M. & MENDONÇA, E. S. Extração fracionada de metais pesados em latossolo vermelho-amarelo. *R. Bras. Ci. Solo*. Viçosa, v. 21, p. 543-551, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção da Pecuária Municipal - 2007*. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

JUNQUEIRA, L.C; CARNEIRO, J. *Biologia Celular: transporte ativo e passivo das membranas*. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1997.

KLEIN, G.L: Aluminum: new recognition of an old problem. *Current Opinion in Pharmacology*. v. 5, p. 637-640, 2005.

KLÖPPEL, H.; FLIEDNER, A.; KÖRDEL, W. Behaviour and ecotoxicology of aluminium in soil and water – review of the scientific literature. *Chemosph*. v. 35, p. 353-363, 1997.

LANA, R.P. *Nutrição e Alimentação animal: mitos e realidades*. Viçosa: UFV, 2005.

LARINI, L. *Toxicologia*. 2. ed. São Paulo: Editora Manole, 1993.

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

MARQUELLI, R.P. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. 2003. 54 p. Monografia (Especialização) – Pós graduação em nível de Especialização Lato Sensu, modalidade MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, Fundação Getúlio Vargas. 2003.

McDOWELL, L.R. *Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil*. 3 ed., Florida: University of Florida, 1999.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 4.ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1982.

MEYER-BARON, M.; SHÄPER, M.; KNAPP, G.; THRIEL, C. Occupational aluminium exposure: evidence in support of its neurobehavioral impact. *Neurotoxic*. v. 28 p. 1068-1078. 2007.

MOONSIE-SHAGEER S.; MOWAT D.N. Effect of level of supplemental chromium on performance, serum constituents, and immune status of stressed feeder calves. *J Anim Sci*. Canadá v. 70, p.559-65, 1992.

MORSE, D.H.H.; HEAD, C.J.; WILCOX, H.H; VAN HORN, C.D. Production and characteristics of manure from lactating dairy cows in Florida. *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.*Texas, v.37, p.275-279, 1994.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. *Heavy metals in natural waters*. New York: Springer-Verlag, 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. Washington: National Academy of Sciences, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington, National Academy of Sciences, 2001.

NRIAGU, J.O.; PACYNA, J.; Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*. United States, v. 333, p. 134-139. 1988.

NUNES, I.J. *Nutrição animal básica*. 2. ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ Editora, 1998.

OLIVEIRA, M.R. *Investigação da contaminação por metais pesados no sedimento de corrente e água do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais e arredores*. 1999. 180 p. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Ouro Preto. 1999.

OLTJEN, J.W.; BECKETT, J.L. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *Journal of Animal Science*. v. 74, p. 1406-1409, 1996.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Elementos Traço na Nutrição e Saúde Humanas*. São Paulo: OMS, 2008. Editora Roca Ltda.

PAIS, I.; BENTON, J.J. *The handbook of trace elements*. United States: CRC. Press. 1997.

PAULETTI, V. *Nutrientes: teores e interpretações*. 2 ed. Castro: Fundação ABC, 2004.

RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C.; HINCHCLIFF, K.W. *Clínica veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

RISSE, L.M.; CABRERA, M.L.; FRANZUEBBERS, A.J.; GASKIN, J.W.; GILLEY, J. E.; RADCLIFFE, D.E; TOLLNER, E.W.; ZHANG, H. *Land application of manure for beneficial reuse*. 2004. Disponível: em: <http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/natlcenter/whitepapersummaries/landapplication.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2010.

ROCHA, A.A., PEREIRA, D.N., PADUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billing, São Paulo (Brasil). *Saúde Públ.* São Paulo, v. 19, p. 401-441, 1985.

SALADO, G.A.; PRADO FILHO, L.G. *Contaminação de alimentos por metais pesados. Revisão bibliográfica*. 1987. p. 149. Dissertação (Mestrado) - Pós Graduação em Química de Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1987.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO (SANEPAR). *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura*. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SENGER, C.G.D. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. II. Sódio, enxofre, zinco, cobre, ferro e manganês. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília v.32, p.101-108, 1997.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO (SEPLAN). *Goiás em Dados 2009*. Goiania: SEPLAN, 2009.

SHIRLEY, R.L. Water requirements for grazing ruminants and water as a source of minerals. In: McDOWELL, L.R. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Orlando: Academic Press, 1985. p.182-186.

SHRIVER, D.F.; ATKINS, P.W. *Química Inorgânica*. 4ed. Editora: BOOKMAN, 2008.

SIMÃO, J.B.P.; SIQUEIRA, J.O. Solos contaminados por metais pesados: características, implicações e remediação. *Inf. Agropec*. Belo Horizonte, v.22, p.18-26, 2001.

SILVA, J.B.C.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. Comportamento de genótipos de soja em solo com alta saturação de alumínio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, p.287-298, 1984.

SILVA, D.J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 2.ed. Viçosa: UFV. 1990.

SILVA, A. S. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A. J. T. *et al.* (Ed.). *Erosão e conservação dos solos, conceitos, temas e aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 101-124.

SIQUEIRA JÚNIOR, L.A. *Alterações de características do solo na implantação de um sistema de integração agricultura-pecuária leiteira*. 2005. 107p. Dissertação (mestrado) – Pós graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná. 2005.

STEVERSON, F.J. *Humus chemistry genesis, composition, reactions*. New York: John Wiley, 1994.

TAKEBAYASHI, S.; JIMI, S.; SEGAWA, M.; KIYOSHI, Y. Cadmium induces osteomalacia mediated by proximal tubular atrophy and disturbances of phosphate reabsorption: a study of 11 autopsies. *Pathology Research and Practice*. Stuttgart, v.196, p.653-663, 2000.

TAVARES, T.M.; CARVALHO, F.M.; Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano *Quim. Nova*. São Paulo, v. 15, p. 140-147, 1992.

TEIXEIRA, J.C. *Nutrição de ruminantes*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

TEIXEIRA, J.C.; TEIXEIRA, L.F.A.C. *Princípios de nutrição de bovinos leiteiros*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

TSALEV, D.L.; ZAPRIANOV, Z.K. *Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice*. 2. ed. United States: CRC Press, 1995.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. *The mineral nutrition of livestock*. 3. ed. New York : CABI, 1999.

UNWIN, R. J. *Inorganic pollution and agriculture*. London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1980. p. 306-319.

VALLE, B.L., AULD, D.S. Zinc coordination, function and structure of zinc enzymes and other proteins. *Biochem. Washington*, v. 29, p. 5647-5659, 1990.

VENEZUELA, C.T. *Determinação de contaminantes metálicos (metal tóxico) num solo adubado com composto de lixo em área olerícola no município de Nova Friburgo*. 2001. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública: Centro de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, Fundação Oswaldo Cruz. 2001.

VITKO, T.G. *Expected quality of dairy wastewater based on the characterization of a dairy farm in Chino, California*. Oakland: CWEA, 1999. (Technical Articles).

WELCOMME, R.L. River fisheries. FAO: *Fisheries Technical Paper*. 1098, 262-330 p.

WELZ, B. *Atomic absorption spectrometry*. Weinheim: Wiley - VCH, 1985.

WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: Butler, G. W.; Balley, R. W. *Chemistry and biochemistry of herbage*. New York: Academic Press, p. 247-315, 1973.

WUNSCH, C., BARCELLOS, J.O.J., PRATES, Ê, R., GRECELLÉ, R.A., COSTA, E.C. Microminerais para bovinos de corte nas pastagens nativas dos Campos de Cima da Serra, RS, Brasil *Cienc. Rural*. Santa Maria, v.35, p. 903-908, 2005.