

RODOLPHO ALMEIDA REBOUÇAS

**COMPOSIÇÃO HOMEOSTÁTICA DE METAIS ESSENCIAIS E TÓXICOS EM
BEZERROS LACTENTES CRIADOS NA REGIÃO AGRESTE DO ESTADO DE
PERNAMBUCO, BRASIL**

RECIFE – PE

2021

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

RODOLPHO ALMEIDA REBOUÇAS

COMPOSIÇÃO HOMEOSTÁTICA DE METAIS ESSENCIAIS E TÓXICOS EM
BEZERROS LACTENTES CRIADOS NA REGIÃO AGRESTE DO ESTADO DE
PERNAMBUCO, BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Castro Soares

Co-orientador: Dr. José Augusto Bastos Afonso

RECIFE-PE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

R292c Rebouças, Rodolpho Almeida
Composição homeostática de metais essenciais e tóxicos em bezerros lactentes criados na Região Agreste de Pernambuco, Brasil / Rodolpho Almeida Rebouças. - 2021.
116 f.

Orientador: Pierre Castro Soares.
Coorientador: Jose Augusto Bastos Afonso.
Inclui referências e anexo(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Recife, 2021.

1. ruminantes. 2. neonatologia. 3. nutrição. 4. minerais. 5. metabolismo. I. Soares, Pierre Castro, orient. II. Afonso, Jose Augusto Bastos, coorient. III. Título

CDD 636.089

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

COMPOSIÇÃO HOMEOSTÁTICA DE METAIS ESSENCIAIS E TÓXICOS EM
BEZERROS LACTENTES CRIADOS NA REGIÃO AGRESTE DO ESTADO DE
PERNAMBUCO, BRASIL

Tese de Doutorado elaborada por:

RODOLPHO ALMEIDA REBOUÇAS

Aprovada em: 26/02/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pierre Castro Soares

Orientador - Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

Prof. Dr. Alexandre Tadeu Mota Macedo

Colegiado de Medicina Veterinária da UNIVASF

Prof. Dr. José Augusto Bastos Afonso

Clínica de Bovinos de Garanhuns/UFRPE

Prof. Dr. Emanuel Felipe de Oliveira Filho

UNINASSAU – João Pessoa, PB

Prof. Dr. Rodolfo José Cavalcanti Souto

Clínica de Bovinos de Garanhuns/UFRPE

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida que me foi concedida. Não poderia pedir outra melhor.

A minha mãe, Neuza e a minha avó Cecé, por todo amor, carinho, dedicação, sacrifícios e pelo apoio ao longo desses meus 33 anos. A todos os membros da minha família, primos, tios e em especial (me resguardando o direito de não citar nomes, evitando assim uma crise familiar), àqueles que estiveram mais próximos a mim, me dando forças durante esse caminho, nem sempre fácil, que é a pós-graduação. Sei que já são seis anos que estamos distantes fisicamente, que nem sempre foi fácil entender minha decisão. É que às vezes o caminho que a vida nos leva é mais longe de casa do que pensávamos, mas saibam que todos estão sempre presentes nos meus pensamentos e no meu coração. Amo vocês!

A pessoa que vem iluminando meus dias a quase dois anos, Joyce. Por todo amor e carinho durante esse tempo. Por toda força, confiança, companheirismo, amizade, por todas as risadas que demos juntos e pelas vezes que choramos juntos também. Agradecer por você me entender tão bem, por acreditar em mim e me mostrar que eu sou capaz quando já nem eu mesmo acreditava. Esses últimos dias não foram fáceis, mas você sempre esteve ao meu lado, vibrando a cada linha escrita, a cada parágrafo terminado, talvez você não tenha noção da importância que isso foi pra mim. Por isso e por muito mais eu te agradeço. Amo você, minha luz!

A Carmen, Carline, Carla, Jonathan, e todos os outros membros da família, por terem me recebido tão bem e me feito sentir de novo o que é um convívio familiar diário. Muito obrigado!

Aos meus grandes amigos Fábio, Daniel e Eduardo, que tanto me dão força. Vocês são exemplos pra mim de amizade e bondade. Muito obrigado por tudo, essa amizade faz toda a diferença na minha vida. Amo vocês!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pierre Castro Soares, pela orientação, por ter aberto as portas para que eu pudesse fazer um doutorado, mesmo que na época mal nos conhecêssemos, e pelo crescimento pessoal e profissional que esse processo me proporcionou.

Ao meu co-orientador, Dr. José Augusto Bastos Afonso, por todos os ensinamentos passados, não só durante o doutorado, mas também durante o período da residência. Pelo acolhimento, preocupação e pelas palavras que tanto me ajudaram em um momento de dificuldade. O senhor pra mim é um exemplo profissional e de humanidade. Estendo esse agradecimento e essas palavras a Dra. Carla Lopes de Mendonça, que também se fez presente nesses momentos. Meu muito obrigado a vocês.

A todo o corpo técnico da Clínica de Bovinos de Garanhuns, Dr. Nivaldo Azevedo, Dra. Maria Isabel, Dr. Teles Coutinho, Dr. Nivan Antônio e Dr. Jobson Cajueiro, por todos os ensinamentos passados e pela convivência durante esses anos. Um agradecimento especial ao Dr. Rodolfo Souto, pela ajuda na rotina clínica, mas também pela amizade fora dela e por suas palavras de incentivo. Todos vocês foram especiais, ao seu modo, na minha formação profissional. Aos funcionários terceirizados da CBG Sebastião (Gago), Ciço, Jucélio, Júlio, Lucas, Dona Selma, Luciano, Everaldo, Luciana, Timóteo, Elaine, Cilene, Rose, Rafa e Ivanilda, por toda ajuda e amizade.

Aos meus amigos da “Equipe Arnaldo”, Alexandre Mota, Uila Alcântara e Priscila Bartolomeu (membro honorário), por toda ajuda, pela amizade, risadas e desabafos. Foi por haver essa ajuda que a realização desse trabalho se tornou possível. Muito obrigado!

Aos meus amigos e eternos R2, Elizabeth Hortêncio e José Ricardo Barbosa, pelos ensinamentos, alegrias, conversas, conselhos e por todos os momentos que passamos juntos da residência até aqui. Onde quer que estejamos, levarei vocês sempre comigo.

Aos colegas e amigos de pós-graduação, Regina Nóbrega, Leonardo Magno, Ana Clara, Tatiane Vitor, Ângela Imperiano, Gliere Soares, Jomel Francisco, Rafael Otaviano e, àqueles que também dividiram o alojamento comigo, Adony Querubino, Alexandre e Katharina. Aos residentes que aqui passaram e em especial ao meu amigo Darlan. Muito obrigado pela amizade, convivência, troca de experiências, momentos de descontração e desabafo. Um agradecimento especial também a Silvinha, que tanto ajudou durante as tarefas do dia a dia no alojamento, permitindo mais tempo para as atividades acadêmicas. Esse período que passei com vocês marcará para sempre minha vida.

Pegando como exemplo a atitude do meu amigo Alexandre Mota, e diga-se de passagem, um belo exemplo de reconhecimento, gostaria de agradecer a todos os proprietários citando aqui o nome de cada um deles. São eles, José Valentim, João Macedo, Severino Soares, Adelson Cintra, Edenildo Valença, José Cintra, Laércio Silva, José Ildo, Eriberto Queirós, Otávio Bezerra, Nilson dos Santos, Nivaldo Leal, Marcílio da Silva, Antônio José Júnior, José Nadir, Gildo Bezerra, Ivo Xavier, Irineu de Paula, Everaldo da Silva, Edenildo Gomes, José de Almeida, Ediel Gomes, Antônio Teixeira, Antônio de Andrade Júnior, Iramar de Oliveira, Paulo Nascimento, Severino da Silva Filho e Lenildo Teixeira. Pela inestimável contribuição a esse trabalho, confiança de abrir as porteiras e nos deixar entrar em suas propriedades.

A equipe do Laboratório de Doenças Metabólicas e Nutricionais do Centro de Estudos Avançados em Caprinos e Ovinos da UFRPE, Rebecka Menezes, Bruna Higinio,

Felipe Rosendo, Ayna Arramis e Cristina Fonseca, pela ajuda e pela amizade. A Iago Silva pela enorme ajuda no momento das análises e interpretação dos dados e pela disponibilidade, mesmo em um momento tão conturbado como esse que estamos passando. A equipe do Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ), da UFRPE, pela disponibilidade e apoio durante a execução das análises.

A Guiomar, pela amizade e por ter me acolhido tão bem em sua casa sempre que eu precisei ir a Recife. A ajuda da senhora foi muito importante para essa conquista.

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de doutorado. Ao Prof. Dr. Joaquim Evêncio Neto, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária pela ajuda e disponibilidade.

RESUMO

Composição homeostática de metais essenciais e tóxicos em bezerros lactentes criados na região agreste do estado de Pernambuco, Brasil

O estudo sobre a contaminação por metais pesados em bezerros lactentes ainda é muito limitado, particularmente na região agreste do estado de Pernambuco, onde se concentra grande número de propriedades criadoras de vacas para a produção de leite. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a concentração sérica de metais essenciais e tóxicos em bezerros lactentes criados no Agreste de Pernambuco. Para a detecção dos metais foram utilizadas 122 amostras de soro sanguíneo de bezerros, provenientes de 18 propriedades, distribuídas em 12 municípios do Agreste pernambucano. Foram coletadas amostras de bezerros mestiços, machos e fêmeas, lactentes, com idade entre um a trinta dias, provenientes de rebanhos do Agreste Central e Agreste Meridional. As amostras de soro foram refrigeradas a -4°C , para posterior digestão em micro-ondas seguida de análise em espectrômetro de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), as quais foram analisadas em duplicata, a média calculada e os resultados expressos em mg/L, para determinação das concentrações séricas de Cu, Fe, Zn, Mo, Co, Cr, Cd, Al, Ni, Pb, Ca, P, Mg, K e S. Verificou-se que bezerros criados lactentes criados nas microrregiões do Agreste Pernambucano apresentam altas concentrações séricas de Fe e concentrações de Pb e Cd dentro da faixa de normalidade para a espécie. Além do consumo do leite, outros fatores parecem afetar as concentrações séricas dos elementos traços e macrominerais em bezerros lactentes, como a ingestão de solo, propiciada por determinadas práticas de manejo. Maiores concentrações de Fe, Zn, Cr, Al, Ca, P e Mg, foram observadas nos animais criados em propriedades próximas a rodovias. A raça e a idade influenciaram na concentração sérica de macro e microminerais em bezerros lactentes.

Palavras-chave: minerais, metabolismo, neonatologia, nutrição, ruminantes.

ABSTRACT

Homeostatic composition of essential and toxic metals in lactating calves reared in the harsh region of the state of Pernambuco, Brazil

The study on heavy metal contamination in lactating calves is still very limited, particularly in the harsh region of the state of Pernambuco, where a large number of dairy farming properties are concentrated for milk production. The objective of this work was to evaluate the serum concentration of essential and toxic metals in suckling calves raised in Agreste de Pernambuco. For the detection of metals, 122 samples of blood serum from calves were used, from 18 farms, distributed in 12 municipalities of Agreste Pernambuco. Samples were collected from crossbred calves, male and female, infants, aged between one and thirty days, from herds in Agreste Central and Agreste Meridional. The serum samples were refrigerated at -4°C, for subsequent digestion in microwave followed by analysis in an inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (ICP-OES), which were analyzed in duplicate, the calculated average and the results expressed in mg / L, for the determination of serum concentrations of Cu, Fe, Zn, Mo, Co, Cr, Cd, Al, Ni, Pb, Ca, P, Mg, K and S. It was found that calves raised in infants raised in the microregions from Agreste Pernambuco have high serum Fe concentrations and concentrations of Pb and Cd within the normal range for the species. In addition to milk consumption, other factors seem to affect the serum concentrations of trace elements and macrominerals in suckling calves, such as soil intake, provided by certain management practices. Higher concentrations of Fe, Zn, Cr, Al, Ca, P and Mg were observed in animals raised on properties close to highways. Breed and age influenced the serum concentration of macro and micro minerals in suckling calves.

Key-words: minerals, metabolism, neonatology, nutrition, ruminants.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros utilizados na análise ICP.OES.....55

Tabela 2. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes nas microrregiões Vale do Ipanema (n=16), Ipojuca (n=90) e Brejo Pernambuco (n=6) nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....58

Tabela 3. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes nas microrregiões Vale do Ipanema (n=16), Ipojuca (n=90) e Brejo Pernambuco (n=6) nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....59

Tabela 4. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados em propriedades distantes (n=66) ou próximas (n=46) a rodovias, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....60

Tabela 5. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes criados em propriedades distantes (n=66) ou próximas (n=46) a rodovias, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....61

Tabela 6. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados em bezerreiro (n=41), baias individuais (n=59) ou piquete (n=12), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....62

Tabela 7. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes criados em bezerreiro (n=41), baias individuais (n=59) ou piquete (n=12), nascidos na região Agreste do

estado de Pernambuco,
Brasil.....63

Tabela 8. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados em aleitamento ao pé (n=22), utilizando mamadeira (n=42) ou balde (n=48), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....64

Tabela 9. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes criados em aleitamento ao pé (n=22), utilizando mamadeira (n=42) ou balde (n=48), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....65

Tabela 10. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes ingerindo menos que 2 L de leite (n=22), de 2 a 4 litros (n=61) e de 4 a 6 litros (n=38), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....66

Tabela 11. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes ingerindo menos que 2 L de leite (n=22), de 2 a 4 litros (n=61) e de 4 a 6 litros (n=38), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....67

Tabela 12. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes fêmeas (n=87) e machos (n=25), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....68

Tabela 13. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes fêmeas (n=87) e machos (n=25), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....69

Tabela 14. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes Holandês (n=15) e Mestiços Holandês.Zebu (n=97), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....70

Tabela 15. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes Holandês (n=15) e Mestiços Holandês.Zebu (n=97), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....71

Tabela 16. Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes com 1 a 15 dias (n=43) e 16 a 30 dias (n=69) de idade, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....72

Tabela 17. Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes Holandês (n=15) e Mestiços Holandês (n=97), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....73

Tabela 18. Valores médios gerais das medidas de tendência central dos metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....74

Tabela 19. Valores médios gerais das medidas de tendência central dos macrominerais em soro de bezerros lactentes criados na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa do Estado de Pernambuco: as microrregiões 09 e 10 englobam os municípios onde foi realizado o estudo epidemiológico.....21

Figura 2. Mapa hidrográfico do Estado de Pernambuco.....23

Figura 3 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Ca x P e entre Ca x Mg em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....76

Figura 4 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Ca x K e entre Ca x S em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....77

Figura 5 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre P x S e entre P x Mg em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....78

Figura 6 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre P com Fe, Zn, Mo, Cr e Al em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....79

Figura 7 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Mg com Fe, Zn, Mo, Cr e Al em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....80

Figura 8 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Fe com Zn, Mo, Cr, Ni e Al em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....81

Figura 9 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Zn com Mo, Co, Cr e Al em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....82

Figura 10 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Mo com Fe, Zn, Cr e Al em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....83

Figura 11 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Co com Cr, Cd e Al em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....84

Figura 12 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Cr com Al, Ni e Pb em bezerros lactentes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil.....85

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Al – Alumínio

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

bar – unidade de pressão

°C – graus Celsius

Ca – Cálcio

CBG – Clínica de Bovinos de Garanhuns

Cd – Cádmio

CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais

Co – Cobalto

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente

Cr – Cromo

Cr⁺³ – Cromo (III) ou Crômico

Cr⁺⁶ – Cromo (VI) ou Cromato

Cu – Cobre

DMV – Departamento de Medicina Veterinária

Fe – Ferro

G – unidade de aceleração

g/cm³ – grama por centímetro cúbico

Hg – Mercúrio

HNO₃ – Ácido Nítrico

H₂O₂ – Peróxido de Hidrogênio

H₂SO₄ – Ácido Sulfúrico

I – Iodo

ICP OES – Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado

K – Potássio

Km² – quilômetros quadrados

Mg – Magnésio

mL – mililitro

mg/L – miligrama por litro

mg/dL – miligrama por decilitro

mg/kg – miligrama por quilograma

Mn – Manganês

Mo – Molibdênio

MS – Matéria Seca

$\mu\text{g/dL}$ – micrograma por decilitro

$\mu\text{g/mL}$ – micrograma por mililitro

$\mu\text{mol/L}$ – micromol por litro

$\mu\text{mol/kg}$ – micromol por quilograma

N – número total de amostras

n – tamanho da amostra

Na – Sódio

Ni – Níquel

p – nível de significância

P – Fósforo

PA – Para análise

Pb – Chumbo

PFA – perfluoralcóxi

pH – potencial hidrogeniônico

S – Enxofre

Se – Selênio

Si - Silício

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS.....	20
3. REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1. Caracterização do espaço amostral	21
3.2. Elementos traços	23
3.2.1. Cobre	26
3.2.2. Ferro	28
3.2.3. Molibdênio	30
3.2.4. Zinco	32
3.2.5. Cobalto	34
3.2.6. Cromo.....	35
3.2.7. Níquel.....	36
3.2.8. Alumínio.....	37
3.2.9. Chumbo	38
3.2.10. Cádmio	40
3.3. Metais pesados como contaminantes ambientais	41
3.4. Contaminação por metais através do leite	43
3.5. Influência de metais pesados em neonatos	46
4. MATERIAL E MÉTODOS	52
4.1 Colheita das amostras	52
4.2 Eficiência da digestão.....	53
4.3 Digestão ácida assistida por radiação micro-ondas.....	53
4.4 Determinação dos limites de quantificação (LQ) e detecção (LD)	54
4.5 Determinação de metais	54
4.6 Análise estatística.....	56
5. RESULTADOS.....	56
6. DISCUSSÃO.....	85
7. CONCLUSÕES.....	91
8. REFERÊNCIAS	92
9. ANEXOS.....	109

9.1. Anexo 1 – Questionário epidemiológico	109
9.2. Anexo – Termo de Autorização.....	113
9.3. Anexo 3 – Licença da CEUA da UFRPE	114

1. INTRODUÇÃO

A expressão “metal pesado” é comumente utilizada para designar metais, semimetais e não metais, como o Se, classificados como poluentes (SOUZA et al., 2009). Os metais pesados são altamente tóxicos, conseqüentemente, representam graves riscos para a saúde humana e dos ecossistemas (SÁNCHEZ, 2008; WUANA e OKIEIMEN, 2011).

Várias são as fontes desses elementos que podem contaminar o solo, a água e as plantas e, por conseguinte, os animais e o próprio homem (DUARTE e PASQUAL, 2000; SWARUP et al., 2005). Os metais pesados ao integrarem-se a cadeia trófica alimentar, atingem os bovinos e, por conseguinte o homem, através do consumo de produtos ou subprodutos de origem animal, o que representa potencial risco à saúde pública (MARÇAL et al., 2004). Sendo necessário destacar que qualquer contaminação detectada no leite é uma questão de especial gravidade, uma vez que ele representa o principal constituinte da alimentação infantil e parte importante da dieta alimentar de outros grupos de diferentes faixas etárias (TOLONEN, 1995).

A proximidade de convivência e a similaridade em termos fisiológicos com o ser humano, além da coincidência de habitats de vida, fazem com que animais de produção, como os bovinos, apresentem potencial para serem utilizados como indicadores de contaminação ambiental (SOUZA et al., 2009), tendo as vacas primariamente mantido contato direto com pastos, água e outros alimentos, em que estes estejam contaminados, possibilitando a passagem de metais pelo leite, tornando não só estas, como também os bezerros como indicadores de contaminação ambiental.

No estudo realizado por Marcolino (2014) sobre a detecção de metais pesados em leite cru integral de vacas criadas no agreste meridional de Pernambuco, os níveis de chumbo (Pb) estavam acima do limite de tolerância estabelecido pela ANVISA. Estes resultados revelam a necessidade de se ampliarem as pesquisas e o conhecimento sobre a concentração de metais pesados em bovinos, sobretudo em vacas produtoras de leite, uma vez que, estes exercem um impacto direto sobre a saúde pública.

O desenvolvimento do bezerro está diretamente associado à quantidade de leite fornecida ao animal e ao período de aleitamento, uma vez que o leite é naturalmente o alimento desses animais em uma fase mais jovem e sua composição é compatível com a exigência nutricional neste estágio do desenvolvimento. Além disso, o trato digestivo destes animais está preparado para utilizar mais eficientemente alimentos na forma líquida

(FONSECA et al., 2012). Neste contexto, os bezerros podem ser considerados como bioindicadores importantes no que diz respeito a intoxicação causada pelo leite. Além disso, a ingestão de metais tóxicos pode ocasionar interações com elementos traços essenciais, levando a transtornos metabólicos devido a deficiências destes (SUTTLE, 2010). Essas deficiências contribuem para uma série de causas de perdas fetais, neonatais e pós-natais em bezerros, podendo causar também impactos importantes no desempenho produtivo e reprodutivo. Ainda, muitos micronutrientes também desempenham um papel importante no desenvolvimento e função do sistema imunológico desses animais (CHERYL e BLAKLEY, 2014).

O estudo sobre elementos traços, tóxicos ou essenciais, em bezerros lactantes ainda é muito limitado. Particularmente na região agreste do estado de Pernambuco, onde se concentra grande número de propriedades criadoras de vacas para a produção de leite são inexistentes na literatura trabalhos que abordem a concentração de metais pesados em bezerros lactentes, permitindo uma melhor compreensão da inter-relação existente entre o meio ambiente, animais e metais pesados. Assim sendo, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos sobre o tema, principalmente pelo forte impacto deste na saúde pública e sanidade dos rebanhos leiteiros na região agreste do estado de Pernambuco.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a concentração sérica de metais essenciais e tóxicos em bezerros lactentes criados no Agreste de Pernambuco

2.2. Específicos

2.2.1. Determinar as concentrações de Ca, P, K, Mg, S, Cu, Fe, Co, Mo, Zn, Cr, Ni, Al, Cd, e Pb em amostras de soro sanguíneo de bezerros lactentes criados em propriedades localizadas em microrregiões do Agreste Central e Meridional de Pernambuco.

2.2.2. Determinar as concentrações de Ca, P, K, Mg, S, Cu, Fe, Co, Mo, Zn, Cr, Ni, Al, Cd, e Pb em amostras de soro sanguíneo de bezerros lactentes criados com diferentes práticas de manejo.

2.2.3. Determinar as concentrações de Ca, P, K, Mg, S, Cu, Fe, Co, Mo, Zn, Cr, Ni, Al, Cd, e Pb em amostras de soro sanguíneo de bezerros lactentes criados em propriedades localizadas próximas a rodovias.

2.2.4. Determinar as concentrações de Ca, P, K, Mg, S, Cu, Fe, Co, Mo, Zn, Cr, Ni, Al, Cd, e Pb em amostras de soro sanguíneo de bezerros lactentes em relação ao sexo, idade e raça dos animais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Caracterização do espaço amostral

O Estado de Pernambuco é dividido em cinco mesorregiões, sendo elas, Região Metropolitana, Zona da Mata, Agreste e Sertão (Figura 1). O agreste, por sua vez, é subdividido em agreste central, meridional e setentrional. Os municípios de Sanharó, Pesqueira, Alagoinha, Poção, Tacaimbó, São Bento do Una, Cachoeirinha, Altinho e Caruaru, pertencem ao Agreste Central, enquanto que Venturosa, Garanhuns e Pedra, ao Agreste Meridional (BDE, 2000).



Fonte: Secretaria de Educação de Pernambuco

Figura 1. Mapa do Estado de Pernambuco: as microrregiões 09 e 10 englobam os municípios onde será realizado o estudo epidemiológico.

Os 12 municípios supracitados são beneficiados pelas águas de cinco rios importantes, são eles: Ipojuca, Ipanema, Mundaú, Capibaribe e Una. A bacia do rio Ipojuca drena as mesorregiões do Estado, em áreas do sertão, agreste, zona da mata e região metropolitana do Recife. É considerada a segunda maior bacia do Estado de Pernambuco, com uma área de 3.514, 35 km² de extensão. Estão inseridos nesta bacia um total de 24 municípios, sendo eles: Alagoinha, Altinho, Amaraji, Arcoverde, Belo Jardim, Bezerros, Cachoeirinha, Caruaru, Chã Grande, Escada, Gravatá, Ipojuca, Pesqueira, Poção, Pombos, Primavera, Riacho das Almas, Sairé, Sanharó, São Bento do Una, São Caetano, Tacaimbó, Venturosa e Vitória de Santo Antão (MENDONÇA, 2005). O percurso do rio Ipojuca, com cerca de 320 km, é predominantemente orientado na direção oeste-leste, o seu regime fluvial é intermitente, e torna-se perene a partir do seu médio curso, próximo ao município de Caruaru

(APAC, 2019). A microbacia mais importante da bacia do rio Ipojuca, é a do rio Bitury, que corta o centro urbano do município de Belo Jardim (PAIVA, 2005).

Mendonça (2005) verificou uma acentuada alteração da qualidade da água do rio Ipojuca em termos de toxicidade aguda para fotobactérias (*Vibrio fischeri*) e microcrustáceos (*Daphnia magna*). Barros (2008) relatou a presença de elevadas concentrações de coliformes termotolerantes nas águas do rio Ipojuca, evidenciando forte contaminação por esgotos domésticos. Além disso, este autor verificou ainda elevadas concentrações de cloretos, fósforo, nitrogênio amoniacal e potássio, atribuídas ao solo, esgotos domésticos e lançamento de efluentes, respectivamente.

Paiva (2005) caracterizou os teores de Pb na água, sedimentos e em peixes do rio Bitury, concluindo que as águas do mesmo representam algum risco de contaminação pelo metal, uma vez que encontrou concentrações acima dos limites especificados pelas legislações vigentes. Os sedimentos evidenciaram os mais altos níveis de Pb, oferecendo um grande risco ao ecossistema. Porém não foi verificado risco de contaminação pela ingestão de pescados, pois as concentrações encontradas na parte comestível dos peixes apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA. O autor atribui a contaminação por Pb a um processo de contaminação atmosférica pelo metal.

A bacia do rio Ipanema apresenta uma área de 6.209,67 km², que corresponde a 6,32% da área do Estado. Os municípios pernambucanos totalmente inseridos na bacia são Águas Belas e Pedra. Já os municípios de Alagoinha, Buíque, Iatí, Itaíba, Pesqueira, Saloá, Tupanatinga e Venturosa apresentam sua sede na bacia, enquanto Arcoverde, Bom Conselho, Caetés, Ibimirim, Manari e Paratama estão parcialmente inseridos na mesma (APAC, 2019). Ao longo dos anos, o rio Ipanema tem sofrido com o desgaste ambiental, em virtude da construção de residências nas suas margens, de uma forma desordenada e, conseqüentemente, pelo despejo de efluentes químicos e resíduos domésticos, que agravam o ciclo hidrológico da bacia e a qualidade de suas águas (NASCIMENTO et al., 2016).

A bacia hidrográfica do rio Mundaú está localizada nos Estados de Pernambuco e Alagoas. Esta bacia limita-se ao norte com a do rio Una, ao sul com Alagoas e o grupo de bacias de pequenos rios interiores, a leste com a bacia do rio Una e Alagoas e, a oeste, com a bacia do rio Una. O rio Mundaú nasce no município de Garanhuns, com cerca de 69 km percorrendo o Estado de Pernambuco, em toda sua extensão, tem uma área de 4.090,39 km², dos quais 2.154,26 km² em Pernambuco, o que corresponde a 2,19% da área do Estado. A área de drenagem da bacia em Pernambuco envolve 15 municípios, quatro deles estão inseridos em sua totalidade: Angelim, Correntes, Palmerina e São João. Os municípios com

sede na bacia são Caetés, Canhotinho, Garanhuns e Lagoa do Ouro, já as cidades de Brejão, Calçado, Capoeiras, Jucati, Jurema, Jupi e Lajedo estão parcialmente inseridas na bacia (APAC, 2019). Araújo (2014) avaliou a interferência humana, através de despejos domésticos, na bacia do rio Mundaú, onde estão cadastradas 12 indústrias e quatro delas lançam cargas poluidoras remanescentes dos processos industriais nos cursos de água do rio, de acordo com a CPRH. Além disso, os autores identificaram ainda que a bacia recebe alta carga de esgoto doméstico, pois apenas Garanhuns, dentre as cidades da bacia, é servida com sistemas públicos de coleta e tratamento de esgotos, porém só 11% é tratado, dessa forma, a maioria das águas servidas dos núcleos urbanos é lançada na rede de drenagem, ou segue a céu aberto alcançando os riachos e rios.

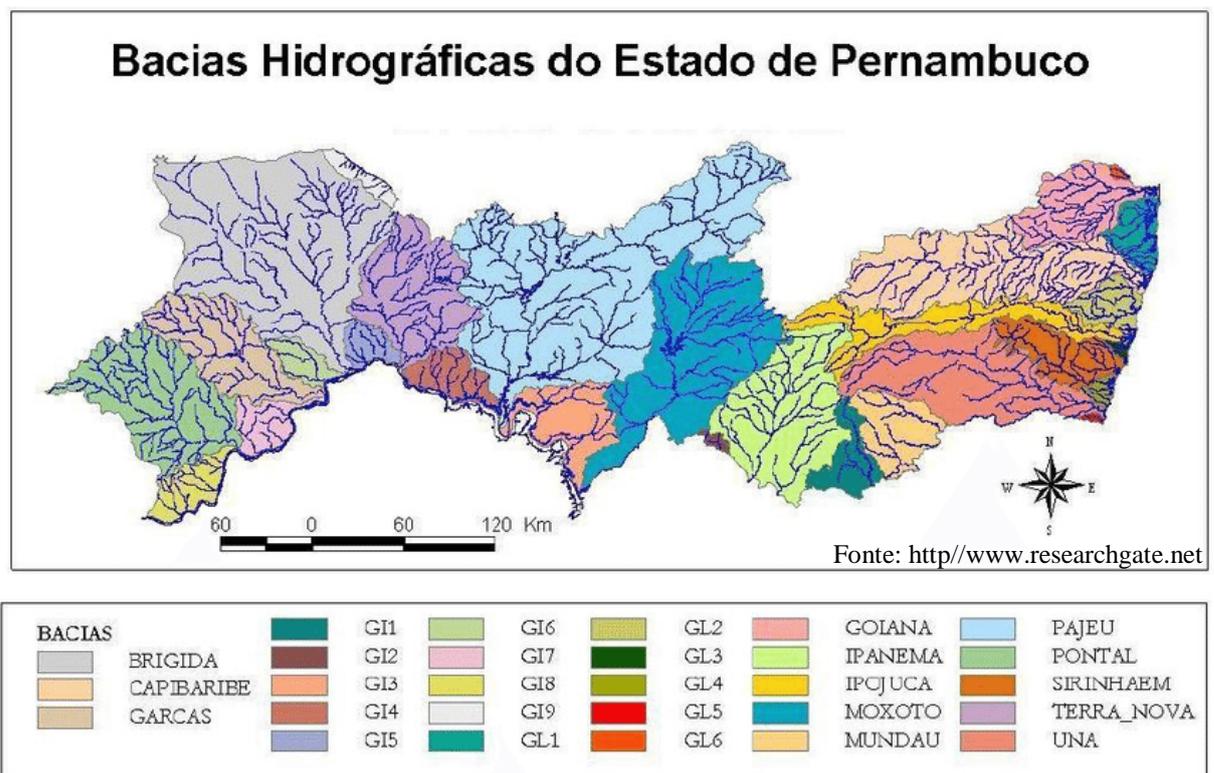


Figura 2. Mapa hidrográfico do Estado de Pernambuco

3.2. Elementos traços

Os oligoelementos ou elementos traços são aqueles que são requeridos pelos animais em quantidades medidas em microgramas (μg) ou em miligramas (mg) por quilo (kg) de matéria seca ingerida. Genericamente o termo microelementos refere-se aos elementos

minerais que ocorrem em concentrações de partes por milhão (ppm) e que geralmente são aqueles que aparecem em concentrações inferiores a 100 ppm e exercem alguma influência na bioquímica do ser humano, dos animais ou dos vegetais, e na função celular (CROSBY, 1977). Eles incluem ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), iodo (I), cobalto (Co), molibdênio (Mo) e selênio (Se) (SUTTLE, 2010). Seus níveis nos tecidos podem fornecer uma indicação do estado nutricional dos animais. Os elementos traço constituem uma classe na qual muitos são tóxicos para os seres vivos, sendo esses considerados por muitos autores como metais pesados, como o mercúrio (Hg), o chumbo (Pb), o cádmio (Cd) e o arsênio (As) e que apresentam riscos ambientais devido ao seu uso intenso, disseminação e toxicidade. Outros elementos traço como Mn, Zn, cromo (Cr) e Co, que são essenciais em algumas rotas metabólicas, produzem efeitos tóxicos em concentrações mais elevadas (GOMES et al., 2013).

O termo “metal pesado” é frequentemente usado como um nome de um grupo muito heterogêneo, que engloba metais, metaloides (como o arsênio), semimetais e mesmo não metais (como o Se) que estão associados à contaminação e potencial toxicidade, (FREIRE, 2005; POURRET e BOLLINGER, 2018). Segundo Pourret e Bollinger (2018) esse termo é bastante controverso, pois é baseado em categorização por densidade que raramente é uma propriedade biologicamente significativa. Além disso, a lista de "metais pesados" não está claramente definida e não possui base na sua química. No entanto, o termo ainda é largamente usado na literatura científica mundial.

A exposição do gado a níveis elevados de metais tóxicos, como Cd e o Pb, ou níveis inferiores aos ótimos dos oligoelementos essenciais, como Mo e Se, podem afetar negativamente a saúde e produtividade animal (SUTTLE, 2010). O organismo geralmente é capaz de regular pequenas quantidades de metais essenciais, porém em excesso, estes podem tornar-se tóxicos (CHAFFAI e KOYAMA, 2011). Em contrapartida, os metais pesados não essenciais, tais como o Al, o As, o Cd, o Pb e o Hg, não são necessários para as funções biológicas normais e podem levar rapidamente à toxicidade. Estes elementos estão entre as formas mais perigosas de poluentes que tendem a se acumular nos tecidos e órgãos dos animais, bem como nos seres humanos (BOYD e RAJAKARUNA, 2013).

Muitos fatores afetam a maneira como os nutrientes são utilizados pelos animais, dentre os principais estão o excesso ou a ausência de alguns minerais, sendo que a absorção, disponibilidade e utilização dos minerais são suscetíveis às interações orgânicas e inorgânicas entre componentes da dieta. Normalmente, os minerais envolvidos em vários processos metabólicos têm maior facilidade de se inter-relacionarem do que aqueles que estão

envolvidos numa simples ou única função. Neste enfoque se destacam o Cu, Fe, Zn e o Se, por serem íons polivalentes (DIB, 2016).

Os metais pesados interagem com os minerais essenciais e com biomoléculas nos processos metabólicos. Esta interferência afeta o aproveitamento de nutrientes e pode tornar impossíveis as reações químicas normais, até o ponto de causar transtornos graves (GROTEN et al., 1991). Finalmente, foi demonstrado que os metais tóxicos podem perturbar o metabolismo dos oligoelementos. A toxicidade do Cd afeta o metabolismo do Ca, seja pela toxicidade direta ao osso ou indiretamente pela toxicidade renal. Com poucas exceções, os mecanismos moleculares da maioria dessas interações de metal não são compreendidos (LOPÉZ ALONSO et al., 2004).

A toxicidade de um metal ou metaloide pode ser dramaticamente modulada pela interação com outros metais tóxicos e essenciais, embora concentrações relativamente altas também possam ocorrer naturalmente. Isso ocorre devido a alguns metais tóxicos e metais nutricionalmente essenciais compartilham propriedades químicas comuns. Metais traços essenciais podem modificar os riscos de saúde da exposição a metais tóxicos não essenciais. Um exemplo bem conhecido é que o pré-tratamento com Zn ou a administração simultânea de Zn com Cd reduz a toxicidade de Cd. Por outro lado, a ingestão de uma dieta que é deficiente em um determinado elemento essencial pode aumentar o acúmulo e a toxicidade de alguns metais tóxicos (LOPÉZ ALONSO et al., 2004).

O tema relacionado à contaminação por metais pesados em bovinos na região Agreste do estado de Pernambuco ainda é limitado. Além disso, também são frequentes os trabalhos que relacionam os efeitos desses elementos químicos sobre a saúde humana ou sobre algum compartimento ambiental específico, como é o caso do solo, dos sedimentos, da vegetação ou da água. Conseqüentemente, quando esses compartimentos estão contaminados, existe a possibilidade de aumento nos níveis desses elementos nos organismos animais (SOUZA et al., 2009).

A ingestão acidental, aguda ou crônica, de metais pesados em bovinos pode resultar em inúmeras afecções que, em determinadas ocasiões, podem não ser perceptíveis clinicamente. Por serem animais pouco seletivos, os bovinos podem se contaminar mediante a mastigação de objetos contendo esses elementos químicos ou a partir da ingestão de água ou alimento contaminado (SOUZA et al., 2009).

O emprego de produtos de origem animal, vegetal, mineral e o aproveitamento de subprodutos para alimentação animal, principalmente alimentação de bovinos em sistema intensivo ou semi-intensivo de criação com o intuito de melhorar a produtividade e diminuir o

tempo de vida média dos bovinos para abate, incrementou a possibilidade do gado ingerir substâncias nocivas de efeito acumulativo contaminando também o homem por ser um consumidor ativo dos produtos de origem animal, especialmente a carne bovina (MURTA e RHEA, 1992).

Os metais pesados, como o Cd e o Pb, são considerados os elementos químicos inorgânicos de maior risco à saúde dos animais de criação, particularmente à espécie bovina, e ao ser humano, pelos efeitos acumulativos patológicos nos órgãos vitais a médio e longo prazo (TAVARES e CARVALHO, 1992).

3.2.1. Cobre

O Cu é um elemento traço essencial para a atividade de inúmeras enzimas, cofatores e proteínas reativas. Junto com o P, o Cu é um dos elementos mais carentes em ruminantes criados em todos os continentes. É fundamental para a formação da hemoglobina, além disso, importantes enzimas são cobre-dependentes, dentre elas podemos citar a ceruloplasmina, citocromo-oxidase, dopamina-beta-hidroxilase, lisil oxidase, Cu-Zn superóxido dismutase e tiroxinase. Elas exercem funções essenciais, como o transporte do Fe, a transferência de elétrons da cadeia respiratória, atuam no metabolismo das catecolaminas, na formação de tecido conjuntivo, eliminação de radicais livres e pigmentação dos pelos (TOKARNIA et al., 2010). O Cu como constituinte da ceruloplasmina (ferroxidase I) é importante para a transformação do Fe^{3+} em Fe^{2+} , que é a forma disponível deste elemento (AMMERMAN et al., 1977). As principais fontes de Cu para ruminantes são os alimentos, como pastagem, silagem, feno, cereais e grãos (SUTTLE, 2010).

A carência de Cu em ruminantes pode ocorrer por menor aporte deste nutriente na dieta ou maior presença de outros elementos antagonizantes que diminuem a sua disponibilidade, tais como o Mo, S, Zn e Fe (ORTOLANI 2002; RIET-CORREA 2004). O Mo e o S, por exemplo, formam complexos chamados tiomolibdatos no rúmen, tornando o Cu altamente indisponível para o organismo (ANTONELLI et al., 2016). A presença de níveis elevados de tiomolibdato induz a deficiência de Cu, sendo que o nível elevado de Zn também pode prejudicar a absorção. A deficiência de Cu, além de provocar anemia, prejudica a formação dos ossos, com falha na deposição de Ca na matriz óssea, causa ainda paralisia no recém-nascido (aplasia da mielina), e fibrose no miocárdio (AMMERMAN, et al., 1977).

O excesso ou a falta de Cu, semelhantemente ao que ocorre com outros macro e microelementos, pode provocar tanto a intoxicação quanto a carência em animais, respectivamente. A privação deste elemento-traço provoca ataxia, anormalidades nos pelos, despigmentação, anemia, distúrbios ósseos, no tecido conjuntivo e cardiovasculares, diarreia, suscetibilidade à infecções, infertilidade e retardo no crescimento (SUTTLE, 2010). As principais características da intoxicação por este metal são a hemoglobinemia e hemoglobinúria súbitas, além de icterícia acentuada, que geralmente levam os animais à morte entre um e três dias (SUTTLE, 2010; TOKARNIA et al., 2010). Na maioria dos casos, a toxicidade por Cu no gado está associada à ingestão excessiva deste na ração, bem como a mudanças no tipo e biodisponibilidade de suplementos dietéticos de Cu (LÓPEZ ALONSO et al., 2005). Essa toxicidade pode ocorrer também quando o gado ingere o Cu em altas concentrações que podem resultar da administração de mistura mineral contendo alta concentração desse elemento mineral, suplementação de Cu por bolus intra-ruminal, administração de injeções contendo Cu, quando os animais consomem alimentos contendo altas concentrações de Cu ou pastagem contaminada com Cu devido a indústrias poluentes e também quando bebem a água de pedilúvio contendo Cu (REIS et al., 2010). Bovinos alimentados com suplementos dietéticos que levam ao acúmulo de Cu no fígado à concentrações ligeiramente superiores ao normal (cerca de 125 mg/kg PV) mostrou efeitos negativos sobre o desempenho em termos de consumo reduzido de alimentos e ganho médio diário (LÓPEZ ALONSO et al., 2005).

Concentrações hepáticas que aparentemente poderiam estar associadas à toxicidade subclínica de Cu em bovinos foram descritas em muitos países onde os suplementos de Cu são bem acima do preconizado ou onde há contaminação de pastagens por mineração e/ou emissões e resíduos industriais (LÓPEZ ALONSO et al., 2000). O animal estressado tem um aumento na suscetibilidade à intoxicação por Cu porque o estresse promove a liberação do Cu hepático acumulado para a corrente sanguínea (REIS et al., 2010). Animais intoxicados têm um acúmulo excessivo desse mineral no fígado, o que leva à morte de hepatócitos por dano oxidativo, ou seja, peroxidação lipídica da membrana celular, então o Cu é liberado pela corrente sanguínea que conseqüentemente aumenta a concentração desse mineral no sangue, causando hemólise. Essa hemólise maciça associada à depleção de hemoglobina causa anemia, icterícia e também reduz a concentração de oxigênio e pode levar o animal à hipóxia. Também pode ocorrer hemoglobinúria. Além disso, com a morte dos hepatócitos, a excreção biliar também é reduzida, o que favorece o acúmulo de Cu no fígado (SULLIVAN et al., 1991; BRADLEY, 1993).

O nível de Cu recomendado para bovinos está na faixa de 8 ppm/dia a 10 ppm/dia, não devendo ser esquecido que níveis elevados de Mo aumentam as exigências. O limiar tóxico para bovinos é de 100 ppm (AMMERMAN et al., 1977). A tolerância de bovinos adultos a valores de Cu no plasma entre 3 e 9 $\mu\text{mol/L}$ já foi descrita (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). No estudo realizado por Enjalbert et al. (2006) avaliando o perfil de Cu sobre a saúde e as características produtivas de novilhas de corte e leite, observou-se que a deficiência de Cu plasmático abaixo de 8 $\mu\text{mol/L}$ não aumentou o risco de baixa fertilidade ou outros distúrbios de reprodução.

Sinais clínicos da deficiência de Cu em bovinos podem ser observados quando os valores séricos estão abaixo de 0,19 mg/L. Já valores entre 0,19 a 0,52 mg/L são considerados como deficiência metabólica, porém nem sempre há sinais clínicos. Valores entre 0,52 a 1,28 mg/L são considerados adequados para a espécie. Entre 1,28 a 1,60 mg/L é considerado elevado e acima de 1,60 mg/L considera-se tóxico (SUTTLE, 2010).

Aproximadamente 40% do Cu total no organismo é encontrado no tecido muscular. Existem reservas na medula óssea, fígado, e em menor extensão em outros órgãos, sendo que a maior concentração desse mineral encontra-se no fígado, e esta aumenta com o crescimento e nível de produtividade do animal (CONTI, 2014). Os animais são capazes de armazenar grandes concentrações de Cu no fígado. O nível normal no sangue não indica o nível das reservas hepáticas, além disso, este Cu hepático permite uma avaliação da real situação, mostrando as reservas disponíveis para futuros períodos críticos. Entretanto, devido à facilidade em se colher amostras de sangue, a avaliação do Cu plasmático é frequentemente utilizada (SUTTLE, 2010).

A excessiva acumulação hepática de Cu resulta em alterações graves na estrutura e função do fígado e pode causar a morte. Diferentes espécies de animais apresentam variação acentuada na sua susceptibilidade à toxicidade do Cu (LÓPEZ ALONSO et al., 2005). A absorção desse elemento ocorre no trato intestinal, o transporte através do plasma, o armazenamento no fígado e rota de excreção é a bile. No plasma encontra-se um complexo Cu-proteína denominado ceruloplasmina, globulina responsável pelo transporte de Cu no plasma e pela regulação da absorção e distribuição do mineral. (CONTI, 2014).

3.2.2. Ferro

O Fe é o oligoelemento mais abundante no corpo, sendo encontrado em todas as células e aproximadamente 60% de seu total está presente como constituinte da hemoglobina,

outra parte está presente em uma outra proteína, a mioglobulina; além disso, uma reserva variável está localizada no fígado e, secundariamente, no baço e rins (SUTTLE, 2010). Ele é responsável pelo transporte e armazenamento de oxigênio, ocorrendo como um núcleo Fe-porfirina, conhecido como 'heme' sendo o principal componente de moléculas como a hemoglobina, mioglobina e citocromo. É responsável também pelo transporte de elétrons e como componente de várias enzimas (catalase, triptofano 5-monoxigenase, fenilamina 4-monoxigenase, aconitase, as citocromo-oxidases, catalases, peroxidases e hidrolases) sendo essencial para o funcionamento de todos os órgãos e tecidos de todas as espécies (SPEARS, 1999; TOKARNIA et al., 2010).

As pastagens e o solo são muito ricos em Fe (TOKARNIA et al., 2010). Os grãos, sementes e forragens contêm concentrações altas e variadas deste metal, dependendo das espécies de plantas, condições do cultivo e do grau de contaminação por outras fontes exógenas (SUTTLE, 2010).

Alguns metais, tais como o Cd e o Pb podem interferir no metabolismo do Fe. Segundo ZANINI e OGA (1995) um aspecto do efeito biológico do Cd e também do Pb pode estar ligado aos seus efeitos na biossíntese de porfirinas hemes, citocromos e na mobilização e liberação de Fe, causando anemia microcítica hipocrômica. KESSELS et al. (1990) afirmaram que o Cd pode afetar a absorção do Fe no organismo, pois detectaram níveis baixos de hemoglobina e volume celular em bovinos de áreas contaminadas por esse metal. A deficiência de Fe leva a quadro de anemia, redução no crescimento, fraqueza e pode levar também à hipertrofia cardíaca e maior susceptibilidade a infecções (SUTTLE, 2010; HERDT e HOFF, 2011).

A síntese do Fe em hemoglobina ocorre pela vida toda, bem como durante o período de crescimento, quando o volume total de sangue está sendo aumentado. Se as células não forem renovadas tão rapidamente quando destruídas, ou se não houver aumento no número de células necessárias para elevar o volume de sangue em crescimento, o resultado será a anemia (GONÇALVES, 2007).

A anemia resultante da deficiência de Fe semelhante à que é produzida quando de uma baixa ingestão de proteínas, dá-se em função da ausência de um fator necessário à formação da hemoglobina, podendo ocorrer em qualquer fase da vida, sempre que o suprimento do mineral se torne deficiente para cobrir as necessidades do organismo. Pode muito bem se desenvolver em certas espécies durante o período de amamentação, pois o leite é muito pobre em Fe (MAYNARD e LOOSLI, 1974). A deficiência de Fe é comum em suínos e humanos, mas rara em ruminantes, a não ser que haja perdas crônicas de sangue. O

Fe é absorvido principalmente no intestino delgado e, uma vez absorvido, este é mantido pelo organismo, que não o elimina em grandes quantidades (MAYNARD e LOOSLI, 1974). A absorção intestinal do Fe acontece somente quando este está na forma Fe^{2+} (ferrosa) e já no interior da célula é oxidado em Fe^{3+} e se liga a aptotransferrina. O Fe livre é citotóxico devido ao seu alto potencial de oxidação-redução e capacidade de gerar radicais livres, podendo causar dano peroxidativo em órgãos como o fígado, quando os estoques no tecido se tornam excessivos durante a sobrecarga crônica (SUTTLE, 2010).

Sinais clínicos da deficiência de Fe em bovinos podem ser observados quando os valores séricos estão abaixo de 0,49 mg/L. Já valores entre 0,49 a 0,58 mg/L são considerados como deficiência metabólica, porém nem sempre há sinais clínicos. Valores entre 0,68 a 1,26 mg/L são considerados adequados para a espécie. Entre 1,26 a 1,79 mg/L é considerado elevado e acima de 1,79 mg/L considera-se tóxico (SUTTLE, 2010).

3.2.3. Molibdênio

O Mo é um elemento traço essencial componente da enzima flavoproteína, xantina oxidase e as atividades destas dependem do metal. Além disso é necessário para fixação de nitrogênio e para a redução de nitrato e nitrito em bactérias. As maiores concentrações encontram-se no fígado e nos rins. Sua absorção ocorre no trato intestinal e sua excreção é pela via urinária. Apresenta correlações significativas com o Cd, Cu, Pb, Se e Zn (MACLACHLAN et al., 2016).

O Mo pode ser um antagonista da absorção de Cu, devido à formação de tiomolibdatos no rúmen. Dessa forma, quanto maior a saturação da molécula de molibdato por S, maior será o poder quelante do tiomolibdato sobre o Cu, tornando-o indisponível. Esses compostos estão mais presentes quanto maior o teor na dieta de fibra, de sulfato e de protozoários no conteúdo ruminal (SUTTLE, 2010). Portanto, Mo e S são antagonistas ao Cu, ou seja, altos níveis de Mo aumentam as exigências de Cu. Caso os níveis de Cu no organismo sejam baixos, menores quantidades de Mo se tornarão tóxicas. Sabe-se que aumento nos níveis de Mo no fígado, diminui a síntese de ceruloplasmina, tornando o Cu não disponível. Além disto, pode haver interferência também no metabolismo energético (CONTI, 2014).

A ingestão de altas concentrações de Mo em associação com o S induz a formação de mono, di, tri e tetratiomolibdatos no rúmen. O tetratiomolibdato não é absorvido pelo trato digestivo e se liga ao Cu inibindo sua absorção. O ditiomolibdato e o tritiomolibdato podem

ser absorvidos e aparentemente podem competir com proteínas dependentes do Cu no fígado. O molibdato e o tiomolibdato estão presentes na corrente sanguínea, aumentando a concentração de Cu, portanto, esgota a reserva desse mineral no fígado. Há uma redução na disponibilidade endógena e no uso de Cu pelo organismo de animais intoxicados com Mo que consequentemente causam deficiência de Cu nesses animais (REIS et al., 2010).

Os bovinos são mais suscetíveis à intoxicação por Mo do que ovelhas e cavalos, porque o aparelho digestivo bovino tem boa capacidade de absorver Mo, enquanto os cavalos têm menor capacidade de absorver esse mineral (RADOSTITS et al., 2002). A intoxicação pode ocorrer em animais após ingerir alimentos com alta concentração desse mineral e de S dentro da faixa normal ou quando o alimento tem alta concentração de Mo e deficiência de Cu (TIFFANY et al., 2000).

Bovinos intoxicados por Mo podem apresentar sintomas 10 dias após ingestão excessiva, como: anorexia, imunossupressão, diarreia persistente com fezes líquidas espumosas e fibras mal digeridas, rigidez dos membros com marcha alterada. Em intoxicações mais severas e graves, os animais podem apresentar redução no crescimento e na condição corporal, anemia, leucocitose, incoordenação dos membros posteriores, maior incidência de fraturas e problemas reprodutivos (REIS et al., 2010). Em intoxicações menos severas os ruminantes têm sinais clínicos típicos que mimetizam a deficiência de Cu, como resultado da formação ruminal de oxitiomolibdatos, que podem diminuir a absorção de Cu e ligar o Cu sistêmico, tornando-o não funcional (HERDT e HOFF, 2011).

Segundo Reis et al. (2010) a intoxicação por Mo pode acontecer em bovinos que ingerem pastagens que apresentam 10 mg/kg desse elemento, também na ingestão de solo contendo de 10 a 100 mg/kg e em dietas que contenha concentrações maiores a 20 mg/kg de Mo. Ainda, segundo os mesmos autores, o consumo de 5 mg/kg de peso vivo causou redução da liberação de LH (hormônio luteinizante), redução da taxa de concepção e anestro em vacas, provavelmente pelo acúmulo desse mineral na hipófise. A concentração de Mo na dieta que é considerada segura é ≤ 3 mg/Kg (RADOSTITS et al., 2002), o máximo tolerável na dieta dos bovinos é de 10 mg de Mo/Kg (NRC, 1996). Ainda assim, a relação Cu:Mo aceitável na dieta é de 2:1 (RAISBECK et al., 2006), mas alguns autores relatam que é necessária uma razão de 10:1 (GOONERATNE et al., 1989; NRC, 1996).

Os requerimentos de Mo são baixos e sinais claros de deficiência não são comuns de ocorrer. Nas formas dietéticas o Mo é prontamente absorvido e os valores séricos, de sangue total, leite, fígado e rim refletem a ingestão dietética. Avaliação das concentrações

séricas e hepáticas é útil como reflexo da ingestão potencialmente excessiva com deficiência secundária concomitante do Cu (HERDT e HOFF, 2011).

3.2.4. Zinco

O Zn é o elemento traço intracelular mais abundante do corpo, ficando atrás apenas do Fe. É componente de várias enzimas, tem funções catalíticas, estruturais e reguladoras no corpo, também é essencial para o crescimento e a reprodução em plantas e animais (SUTTLE, 2010; HERDT e HOFF, 2011). Está intimamente relacionado à atividade da vitamina A, já que a interconversão da vitamina A-alcoólica para vitamina A-aldeído, imprescindível para a visão, é realizada pelas enzimas retinoreductase e álcool-desidrogenase, ambas Zn-metaloenzimas. Outras enzimas Zn-dependentes são a enzima conversora de angiotensina, a fosfatase alcalina, a anidrase carbônica, a colagenase, as carboxipeptidases, a manosidase, a superóxido-dismutase, entre outras (TOKARNIA et al., 2010.)

A principal função do Zn é ser constituinte de várias metaloenzimas, estando envolvido em reações enzimáticas associadas com a síntese proteica e metabolismo de carboidratos e ácidos nucleicos essenciais em células, como as gonadais. Conseqüentemente, funções reprodutivas, como espermatogênese e desenvolvimento de órgãos sexuais em machos e todas as fases do processo reprodutivo nas fêmeas, do estro à gestação, são seriamente alteradas pela deficiência de Zn (DIB, 2016). Além disso, o Zn é necessário para a atividade da enzima 5'-deiodinase, que converte o hormônio T4 em T3 (NISHIYAMA et al., 1994).

A deficiência de Zn também pode estar associada à resistência ao hormônio do crescimento (GH) e redução do IGF-1, embora os mecanismos de cada um deles sejam desconhecidos (CESUR et al., 2009). Também, a deficiência pode causar distúrbios produtivos como baixa produção de leite em vacas, provavelmente devido à perda de apetite, que é o primeiro sinal clínico de deficiência desse mineral. Conseqüentemente, a falta de apetite e baixa eficiência alimentar aumenta o risco de crescimento deficiente de bezerras em rebanhos de corte devido à menor produção de leite por mães com status marginal ou deficiente desse mineral (ENJALBERT et al., 2006). A perda de pelo, a pele espessada com

rachaduras e fissuras, são um efeito conhecido da deficiência de Zn em bovinos. A deficiência de Zn também está envolvida na claudicação ou deformação do casco e a suplementação de Zn demonstrou melhorar os escores de qualidade do casco (CORBELLINI et al., 1997; ENJALBERT et al., 2006). O risco de deficiência em ruminantes é geralmente associado a forragens deficientes desse elemento. Sabe-se que forragens altamente maduras geralmente têm baixas concentrações de Zn (HERDT e HOFF, 2011).

O Zn é absorvido no intestino e não existe um reservatório para esse mineral no corpo, portanto sua homeostase depende de um pool contínuo no lúmen intestinal e no epitélio intestinal. Diante dessa afirmação, pode-se afirmar que quadros de diarreia é um fator de risco para a deficiência desse mineral. Além disso, concentrações de Zn dietético além das exigências nutricionais pode resultar em melhor desempenho de crescimento e eficiência alimentar (HERDT e HOFF, 2011).

Assim como o Fe, o Zn tem um efeito protetor no acúmulo de Cd nos rins, fígado e sistema gastrointestinal, reduzindo a concentração de Cd quando ativam a síntese protéica no fígado, rins e pâncreas como metalotioneína que se ligam ao Zn e ao Cd intracelular e, conseqüentemente, reduzem os potenciais efeitos tóxicos do Cd. Ainda, o Zn protege o DNA dos efeitos do dano do Cd e também das células da apoptose. Assim, os animais deficientes em Ca, Fe e Zn são mais suscetíveis à intoxicação por Cd. São mais suscetíveis também à intoxicação por Pb, pois há um aumento na absorção desse elemento mineral. (LÓPEZ ALONSO et al., 2004; REIS et al., 2010). Segundo Brzóska e Moniuszko-Jakoniuk (2001) o Cd e o Zn possuem muitas propriedades químicas em comum e por isso interagem entre si nos processos cinéticos do organismo como absorção, distribuição, metabolismo e excreção e o Cd é conhecido como antimetabólito do Zn. Ambos são absorvidos no intestino delgado pelo mesmo mecanismo, ou seja, por ação das metalotioneínas. Assim, baixas concentrações de Zn favorecem a absorção de Cd e vice-versa. Há uma correlação positiva entre o Zn e o Cd encontrados no fígado e nos rins.

No estudo realizado por Enjalbert et al. (2006), a relação entre o estado de Zn e o risco de doenças infecciosas foi significativa para diarreia em bezerros e metrite e mastite em vacas. Segundo os autores, o risco de metrite está altamente relacionado ao risco de retenção de membranas fetais e, no estudo, o estado marginal ou deficiente de Zn aumentou o risco de retenção de placenta. Além disso, este estudo sugere que as concentrações plasmáticas de Zn superiores a 4 $\mu\text{mol/L}$ podem ser necessárias para um desempenho ideal.

A intoxicação por Zn em bovinos, ovinos e suínos provavelmente ocorre com menos frequência devido a essas espécies tolerarem altas doses desse mineral na dieta. A alta

ingestão de Zn pelos animais pode ser devida a vários fatores, dentre os mais frequentes estão: adição de quantidades excessivas de Zn nos alimentos dos animais, pastagens contaminadas com fumaça de galvanização, locais pintados com tintas com alto teor de Zn onde os animais podem lambem e transporte de alimentos em recipientes galvanizados (NRC, 1996; RADOSTITS et al., 2002). Bovinos intoxicados por Zn podem apresentar inapetência, sonolência, paresia, constipação crônica, cólica, diarreia de cor verde e, às vezes, diarreia sanguinolenta, desidratação, edema subcutâneo, anemia, redução acentuada na produção de leite, redução no crescimento de bezerras e insuficiência cardíaca (ALLEN et al., 1983; RADOSTITS et al., 2002). Concentrações entre 420 a 1.600 ppm no fígado e 910 a 1.680 ppm no rim são consideradas tóxicas para bovinos (REIS et al., 2010).

A avaliação laboratorial do Zn é difícil, pois não existe uma reserva bem definida no corpo. Concentrações hepáticas geralmente não refletem a ingestão, mas diminuem após período suficiente de deficiência dietética. Para uma avaliação antemortem o soro sanguíneo é o mais prático para avaliar o estado do Zn no gado, no entanto é importante saber que as concentrações séricas são reduzidas na deficiência, mas as alterações funcionais, como redução na eficiência alimentar, podem ocorrer antes de um declínio do mineral no soro. Portanto, encontrar concentração sérica de Zn adequada não exclui a deficiência (HERDT e HOFF, 2011). Segundo Suttle (2010), valores séricos marginais de Zn entre 0,4 a 0,6 mg/Kg podem ser considerados dentro da faixa de normalidade para bovinos.

3.2.5. Cobalto

O Co é um oligoelemento essencial que tem como função a formação da vitamina B₁₂ (cobalamina). Esta por sua vez tem duas funções de coenzima distintas: facilitar o acúmulo de esqueletos de carbono via metil-cobalamina (MeCbl), ocasionando na regeneração da metionina e síntese de uma ampla gama de moléculas. Para os microrganismos ruminantes é necessária para a síntese do metano, acetato e metionina. Já na forma de adenosil-cobalamina (AdoCbl) desempenha papel central no metabolismo energético dos ruminantes, influenciando no metabolismo intermediário da energia no ciclo do ácido tricarbóxílico, através da formação do succinato a partir do propionato, facilitando a gliconeogênese, principalmente no fígado. Nas bactérias ruminantes ocorre o inverso, há formação do propionato a partir do succinato (SUTTLE, 2010; TOKARNIA et al., 2010).

A deficiência de Co só ocorre em ruminantes. Em áreas com deficiência desse elemento ocorrem mortes de ruminantes, aparentemente por fome, em pastos abundantes e

viçosos, pois o Co não é necessário às gramíneas (TOKARNIA et al., 2010). Ela está associada à diminuição do consumo de ração, redução da conversão alimentar, redução do crescimento, perda de peso, lipidose hepática, anemia, imunossupressão e comprometimento da função reprodutiva (JUDSON et al., 1997). Quando há deficiência grave de Co, os sinais clínicos incluem anorexia e definhamento. Essa condição pode ser diagnosticada erroneamente como fome. Em casos avançados de deficiência de vitamina B₁₂, a anemia é grave. Animais jovens em crescimento correm maior risco do que os adultos. Os casos leves costumam ser mal diagnosticados como parasitismo ou má nutrição (ENSLEY, 2020). Dependendo do grau da deficiência, os animais podem permanecer sem quaisquer sintomas por semanas ou até meses. Este período corresponde ao tempo de exaustão das reservas de Co no organismo (TOKARNIA et al., 2010).

Os bovinos parecem ser mais eficientes na captura do Co que ovinos e caprinos, com isso apresentam menor exigência dietética. As leguminosas são mais ricas nesse elemento que as gramíneas nas mesmas condições de solo, já que essas utilizam o mineral para processos metabólicos. Os cereais são fontes pobres. O Co é absorvido no intestino e armazenado principalmente no fígado, embora o armazenamento seja pequeno (SUTTLE, 2010). Concentrações de Co refletem exposições mais recentes e foram correlacionadas negativamente com as concentrações de Cu para uma variedade de combinações de tecidos (MACLACHLAN et al., 2016). A toxicidade é baixa e intoxicações são raras. Concentrações acima de 1 mg/kg de peso vivo é tóxico para bovinos (SUTTLE, 2010). O Co na dieta para bovinos não deve exceder 25 mg/kg de peso vivo (NRC, 2006).

3.2.6. Cromo

O Cr é essencial, em pequenos teores, aos mamíferos, participando do metabolismo da glicose. Seu uso terapêutico é reconhecidamente eficiente no tratamento de algumas doenças cardiovasculares e da depressão em humanos (ALLOWAY, 1990). Cr tem sido utilizado como micronutriente para o crescimento de animais (carboaminofosfoquelato de Cr), apesar de controvérsia sobre sua efetividade, que compromete a cadeia alimentar, encontrados em suplementos animais (BELTRANE e MACHINSKI JUNIOR, 2005). Concentrações de Cr no soro sanguíneo de bovinos abaixo de 0,1 mg/kg é considerada normal, já acima de 10 mg/kg é tóxica para a espécie (SUTTLE, 2010).

O Cr III (Cr³⁺) tem sido considerado um microelemento essencial em baixas concentrações, pois evidências mostraram que ele se liga à insulina, responsável pelo

transporte de glicose e aminoácidos para o interior das células, resultando em uma melhor regulação dos índices de glicose e utilização máxima do potencial energético, embora pareça não haver manifestações clínicas quando sua concentração é deficiente (MONTEMOR e MARÇAL 2009). O Cr VI (Cr^{6+}), resultado da oxidação do Cr^{3+} em determinadas condições de pH, apresenta facilidade de permeação na membrana celular e, sendo um agente oxidante, pode alterar a constituição das células, inclusive material genético, sendo considerado mutagênico (GOMES et al., 2013).

A exposição ocupacional ao Cr^{6+} parece ser uma causa de câncer de pulmão, e também parece elevar o risco de câncer nasal. É sugerido também que há evidências que águas contaminadas com Cr^{6+} possa causar carcinogenicidade na cavidade oral e no intestino delgado (SALNIKOW e ZHITKOVICH, 2008). O Cr hexavalente é um potente teratogênico e é reduzido ao estado trivalente pela ação da glutathione em todos os tecidos. Nessa redução, o Cr pode interagir com macromoléculas e com o DNA e pode produzir aberrações cromossômicas, alterações de cromátides irmãs, quebra das fitas, oxidações que desencadeiam a quebra do DNA também e ligações cruzadas entre DNA-DNA e DNA-proteína. O Cr também parece ser capaz de desencadear apoptose (RANA, 2008).

Em pH neutro, o Cr^{6+} existe como uma mistura de cromato (CrO_4^{2-}) e hidrocromato (HCrO_4^-). Os cromatos são fisiologicamente isoestruturas dos sulfatos e fosfatos, assim, os cromatos penetram as células pelos canais de sulfatos. Os mamíferos são capazes de acumular os cromatos no interior das células, e então, ocorre uma redução do Cr^{6+} para o elemento mais estável, Cr^{3+} . Porém, durante essa redução, ocorre uma lesão genotóxica e outras formas de toxicidade. Essa redução não necessita de enzimas e o Cr^{3+} formado se complexa com o DNA formando um composto estável, chamado de Cr-DNA, causando dano ao DNA. Ainda durante essa redução, há a formação de substâncias oxidantes, que também vão causar outras lesões ao DNA, como a quebra da fita e também causando danos oxidativos. Essas alterações podem desencadear duas ações lesivas. Podem levar as células afetadas à apoptose ou então, as células que não conseguem fazer o reparo do DNA de forma adequada e que sobrevivem e se expandem, tornam-se carcinogênicas (SALNIKOW e ZHITKOVICH, 2008).

3.2.7. Níquel

O Ni é considerado como um elemento potencialmente essencial. Organismos inferiores requerem Ni e, uma vez que incluem os microrganismos anaeróbicos do rúmen, o

Ni pode influenciar o metabolismo ruminal (SUTTLE, 2010). A suplementação de Ni pode alterar a produção de AGV no rúmen, mas as mudanças têm sido inconsistentes (MILNE et al., 1990).

O Ni não é abundante em solos e culturas forrageiras e apenas 5% está presente em formas facilmente extraíveis (ARCHER e HODGSON, 1987). As concentrações de Ni nas pastagens são mais baixas do que nos solos, mas leguminosas como a alfafa apresentam concentrações maiores. O leite bovino normalmente contém cerca de 0,02-0,05 mg Ni/L, mas as concentrações são quatro vezes maiores no colostro (SUTTLE, 2010).

Normalmente o Ni é mal absorvido (1-5% por bezerros), mas a absorção aumenta durante a prenhez, lactação e privação de Fe, sugerindo o envolvimento de mecanismos de transporte ativos compartilhados com o Fe (NRC, 2005). As concentrações de Ni no plasma são baixas ($<0,017 \mu\text{mol/L}$) e este está ligado principalmente à albumina, mas é o Ni ligado à histidina que pode facilitar a absorção de Ni pelas células. As concentrações de Ni nos tecidos variam de órgão para órgão, sendo muito mais altas nos rins e no pulmão do que em outros lugares em bezerros (O'DELL et al., 1971).

Nunca foi relatada a deficiência de Ni de forma natural em bovinos a pasto e parece improvável de ocorrer em vista dos baixos requisitos de outras espécies e as concentrações relativamente altas de Ni que estão comumente presentes em pastagens (SUTTLE, 2010).

3.2.8. Alumínio

O Al é o mineral mais abundante na maioria dos solos, por isso não é de surpreender que apresente problemas de excesso e não de deficiência para bovinos em pastejo. A principal fonte de exposição ao Al são as pastagens contaminadas com solo (SUTTLE, 2010). O próprio ato de pastejar pode aumentar o grau de contaminação da pastagem com solo e Al (ROBINSON et al., 1994). Altas concentrações nas partículas mais finas do solo garantem que o Al seja um contaminante onipresente do ambiente da fazenda. O Al também pode entrar na dieta através do uso de suplementos minerais contaminados (SUTTLE, 2010).

Mesmo quando ingerido em formas reativas, o Al é de baixa toxicidade para os animais porque a pequena proporção da ingestão de Al na dieta que é absorvida (menos de 1% do Al ingerido fica retido no organismo) é bem excretada por rins saudáveis, podendo ser um problema para animais que apresentarem lesão renal (SUTTLE, 2010). Um antagonismo

do metabolismo do P pela ingestão de solo rico em Al foi implicado na deficiência de P em bovinos ingerindo pastagens tropicais. A interação pode envolver a formação de complexos insolúveis e indisponíveis no intestino. No entanto, nenhuma evidência de hipofosfatemia ou mineralização óssea pobre foi encontrada durante estudos de ingestão de solo de longo prazo com dietas adequadas em P (KRUEGER et al., 1985; NRC, 2005). A alta ingestão de Al tem sido implicada também na etiologia da tetania hipomagnesêmica em bovinos. O acúmulo de Al em produtos agrícolas comestíveis não representa uma ameaça para o consumidor humano (SUTTLE, 2010).

3.2.9. Chumbo

O Pb é um metal tóxico de efeito acumulativo e largamente encontrado na natureza. É encontrado em óleos lubrificantes, gasolina, óleo diesel, tintas, placas de baterias, fertilizantes, defensivos agrícolas, lodo de curtume, lodo de esgoto industrial e doméstico em fase de expansão nos grandes centros de aglomerados urbanos, sendo este atualmente tratado e utilizados na adubação e alimentação de animais. Ele está presente no ar, mas retorna ao solo, água e plantas como partículas de tamanhos variados, e sendo também relacionado a regiões densamente povoadas (BLUE et al., 1969). Está presente em determinadas matérias-primas utilizadas em misturas de suplementos minerais, existentes no mercado brasileiro, além de ser encontrado também como substância contaminante de pastagens naturais para bovinos, o que leva a ingestão pelos animais em lactação (GONÇALVES, 2007). Do ponto de vista econômico, o Pb quando veiculado aos animais por ingestão de alimentos contaminados pode causar alterações orgânicas importantes, modificando a performance dos animais, podendo acarretar significativas alterações no sistema reprodutivo dos bovinos, inclusive abortamento (MARÇAL, 2005).

A frequência relativamente alta de ingestão de Pb no gado está provavelmente associada à sua curiosidade natural, propensão a lambar e pouca discriminação oral, sendo observado que bovinos jovens são mais comumente afetados. A intoxicação clínica por Pb em bovinos não é rara, porém, casos assintomáticos também devem ser considerados (CHECKLEY et al., 2002). O pastoreio de pastagens perto de indústrias de Pb e ao longo de estradas muito percorridas resulta em taxas elevadas de ingestão de Pb. Embora a ingestão elevada possa resultar em toxicidade aparente, o potencial de acumulação do elemento no

tecido comestível é preocupante. A ingestão de Pb também pode afetar adversamente o desempenho dos animais (DINIUS et al., 1973).

Os sinais clínicos de intoxicação por Pb em bovinos podem ser agudos ou subagudos devido às diferenças na dose consumida e na severidade resultante dos sinais clínicos. Na intoxicação aguda, os animais são frequentemente encontrados mortos sem sinais de doença. Os animais afetados podem demonstrar tremores musculares e tremores da cabeça e pescoço, espasmos do rosto e das orelhas, fricção das mandíbulas, cegueira, agressão, pressão de cabeça e, possivelmente, convulsões tônico-clônicas. A intoxicação de Pb subaguda é mais comum, com animais que apresentam sintomas associados com edema cerebral, incluindo cegueira com reflexo palpebral diminuído ou ausente, incoordenação, anorexia, bruxismo e hipomotilidade ruminal. A intoxicação por Pb crônico a partir de exposição prolongada pode potencialmente resultar em anemia e síntese de hemoglobina diminuída, mas isso é raro nos bovinos (CHECKLEY et al., 2002).

Quando água contaminada com Pb é ingerida, este é solubilizado pelo suco gástrico e pela bile formando quelatos, sendo que o resto do Pb é eliminado sob a forma de fosfatos e sulfatos. O fígado é o órgão principal na tentativa de retenção do Pb devido ao seu poder antitóxico, encontrando-se assim neste órgão grandes quantidades deste metal; no entanto os ossos constituem o depósito principal, com isso a hipocalcemia pode induzir uma mobilização de Pb à circulação sistêmica. Este metal interfere com o metabolismo das porfirinas e portanto com a síntese do grupo heme, estando atribuído a problemas anêmicos e perturbações nervosas, também a transtornos dos fenômenos de oxidorredução e a defeitos comportamentais, de memória (em humanos) e locomoção; assim como o Hg e As, produz efeitos imunodepressores. A eliminação do Pb do organismo realiza-se através das fezes, urina, saliva, suor (JESUS et al., 2011).

Segundo Reis et al. (2010) bovinos jovens podem apresentar intoxicação aguda pelo Pb a partir da dose entre 400 a 600 mg de Pb/kg de peso vivo (PV), já bovinos adultos entre 600 a 800 mg de Pb/kg de PV. Já intoxicação crônica pode ocorrer entre 6 a 7 mg de Pb/kg de PV ou 200 a 300 mg de Pb/kg de matéria seca (MS) da dieta. Enquanto a ingestão de 10 a 100g de acetato de Pb causa a morte em bovinos adultos após ingestão. A dose letal 50 (DL50) para um bovino adulto é de 600-800 mg/Kg, para um bezerro é de 400-600 mg/Kg (JESUS et al., 2011). A concentração de Pb na corrente sanguínea que pode causar a morte de animais é $\geq 1,0$ ppm (REIS et al., 2010). Concentrações de Pb no soro sanguíneo de bovinos entre 0,001 a 0,051 mg/L é considerada normal, entre 0,103 a 0,310 mg/L é elevada e acima de 0,414 mg/L é tóxica para a espécie (SUTTLE, 2010).

3.2.10. Cádmio

O Cd é um metal pesado, altamente reativo, com efeito acumulativo no organismo, principalmente nos rins, fígado e pulmões, provocando o aparecimento de patologias diversas. Não possui nenhuma ação essencial aos processos biológicos, sendo que sua intoxicação ocorre através da inalação e ingestão (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). Entre os metais pesados, o Cd tem sido pesquisado por se encontrar naturalmente em rochas fosfáticas utilizadas na fabricação de insumos agropecuários, constituindo-se assim em importante fonte de contaminação ambiental (GONÇALVES et al., 2008). Os animais, incluindo os bovinos, são contaminados através da inalação do ar, ingestão de água e alimento. O Cd é acumulado no meio ambiente pela poluição industrial que é responsável pela contaminação do solo e também das pastagens (SWARUP et al., 2007). As concentrações de Cd nos músculos aumentam com a idade dos animais (ANTONIOU et al., 1989).

Estudos mostraram que o mecanismo de intoxicação por Cd é dependente do influxo de minerais no organismo, dose ingerida, forma química do metal, durante exposição ao elemento mineral, espécie animal e idade (REIS et al., 2010). Quando o Cd é ingerido, é absorvido pelas células intestinais e transportado pelo fluxo sanguíneo para o fígado. No fígado, esse elemento mineral induz a síntese de metalotioneína, uma proteína envolvida na desintoxicação de metais pesados. Assim, quando o Cd se liga à metalotioneína, forma um complexo toxicologicamente inerte. Portanto, essa proteína remove o Cd dos hepatócitos, formando um complexo metalotioneína-Cd que é liberado na corrente sanguínea e filtrado pelos glomérulos renais, onde pode ser degradado pelas enzimas lisossômicas das células tubulares renais. No entanto, a ação da metalotioneína é limitada e quando animais ingerem doses excessivas de Cd, pode acumular-se no organismo durante décadas causando intoxicação subagudo, agudo ou crônico que causam graves danos a vários órgãos como fígado, rim, pulmão, ossos, sistema nervoso, testículos, intestino, pele e sangue (REIS et al., 2010).

Em geral, os sinais clínicos de toxicidade de Cd em animais incluem danos nos rins e fígado, anemia, desenvolvimento testicular retardado ou degeneração, edema das articulações, paraqueratose, redução do crescimento e aumento da mortalidade. Manifestações de toxicidade variam consideravelmente, dependendo da dose e tempo de exposição, espécie, gênero e fatores ambientais e nutricionais (SUTTLE, 2010). Em bovinos, que foram cronicamente expostos ao Cd, várias anomalias clínicas, tais como perda de apetite,

insuficiência renal, hipertensão, anemia, retardo do crescimento, diminuição da função reprodutiva, abortos, lesões teratogênicas e desenvolvimento de neoplasias tem sido relatadas em casos de campo e relatos sobre intoxicações individuais (WENTINK et al., 1988).

É altamente tóxico e considerado carcinógeno. Pode interagir com o DNA e pode atuar como cancerígeno através de mecanismos epigenéticos e/ou outros, como efeitos mitogênicos na expressão gênica, inibição do reparo do DNA e inibição da apoptose (ZIANNA et al., 2016). Cd inibe os canais de Ca da membrana plasmática e as ATPases dependentes de Ca. Além disso, o Cd inibe a gliconeogênese e a fosforilação oxidativa. O Cd é um inibidor direto de enzimas. Seus efeitos tóxicos ocorrem nos pulmões, rins, fígado e sistema imunológico e também é capaz de induzir apoptose em células T, mononucleares, células renais, miocárdicas, musculares, tímócitos e células hepáticas em camundongos, bem como as do glioma. Além disso, o Cd é capaz de modular proteínas quinase, atividades de fosfatases e fatores de transcrição (RANA, 2008).

No estudo realizado por MacLachlan et al. (2016), no qual foi avaliado concentrações de metais em diferentes tecidos de ovinos, verificou-se que as concentrações de Cd foram positivamente correlacionadas com o Pb para uma variedade de combinações de tecidos. Segundo os autores, o Pb liga-se ao transportador de metal divalente 1, que é induzido pela exposição ao Cd, dando origem a uma maior absorção e concentrações de tecido. Outras correlações significativas foram com As, Hg e Mo. Embora o Cd seja conhecido por interagir com o metabolismo dos elementos essenciais de Cu, Se e Zn, não foram observadas correlações significativas nesse estudo.

Em dietas para animais, a concentração máxima de Cd tolerada é de 0,5 mg/kg. Dietas para bovinos contendo de 5 a 30 mg de Cd/kg leva à diminuição da performance produtiva. Já dietas contendo concentração maior que 30 mg de Cd/kg leva a desordens na saúde do animal (REIS et al., 2010). Concentrações de Cd no soro sanguíneo de bovinos maior que 0,01 mg/L é considerada normal (SUTTLE).

3.3. Metais pesados como contaminantes ambientais

Os metais pesados estão presentes no planeta como constituintes naturais de solos e rochas, bem como em muitos produtos e utensílios que manuseamos (SOUZA et al., 2009). Várias são as fontes desses elementos que podem contaminar o solo, a água e as plantas e, por conseguinte, os animais (SWARUP et al., 2005) e o próprio homem (DUARTE e PASQUAL,

2000), dentre as quais se destacam a deposição atmosférica, os resíduos agropecuários, os fertilizantes e os corretivos, os agroquímicos, os lodos de esgoto, a água de irrigação, os compostos de lixo urbano e os resíduos urbanos, industriais e de mineração (SOUZA et al., 2009). Essa contaminação é uma das mais preocupantes, porque ela não degrada, ou seja, uma vez emitida permanece no ambiente durante centenas de anos afetando a vegetação, os mananciais de água e os animais (GONÇALVES, 2007).

Poluindo vastas áreas do mundo, os metais pesados são altamente reativos e tóxicos em baixas concentrações, apresentando riscos graves à saúde humana e do ecossistema. Enquanto muitos metais pesados estão naturalmente presentes na crosta e na atmosfera da Terra, os seres humanos podem promover a poluição por metais pesados por meio de atividades como mineração, fundição, transporte, operações militares e manufatura industrial, além de aplicar pesticidas e fertilizantes contendo metais na agricultura comercial. Ao contrário dos seus homólogos poluentes orgânicos, os metais pesados não podem ser degradados. Como resultado, os metais pesados persistem no meio ambiente por anos, muito depois que fontes pontuais de poluição foram removidas (GALL et al., 2015).

As pastagens frequentemente têm sua contaminação decorrente da deposição atmosférica, proveniente de fundições, de indústrias diversas e do ambiente urbano (HAMMOND e ARONSON, 1964). A concentração de metais pesados em plantas é muito variável e depende da proximidade das minas e fábricas, fundições e rota dos caminhões, sendo o teor de Pb nas plantas ao longo da rota dos caminhões, em média, de 280 ppm. À medida que se distancia da rota, esses teores vão caindo gradativamente (GONÇALVES, 2007).

O risco de entrada de metais na cadeia alimentar depende da mobilidade do metal e de sua disponibilidade no solo. No solo, cátions metálicos estão ligados a partículas carregadas negativamente, como argila e matéria orgânica. Quando os metais se separam dessas partículas e entram na solução do solo, eles se tornam biodisponíveis com potencial de se acumular nas plantas, o que pode ocasionar a contaminação de animais que venham a ingeri-las (GALL et al., 2015). Efluentes contaminados provenientes de diferentes processos industriais ou pequenas atividades urbanas também podem ser responsáveis pela contaminação da água de uso dos animais (SOUZA et al., 2009).

O Pb é um metal pesado presente como contaminante no meio ambiente. A maior parte da exposição humana ao Pb vem de fontes ambientais, como tinta velha, persianas de PVC, cerâmica e canos de Pb em casas antigas (CHECKLEY et al., 2002). Também são fontes de Pb, importantes para bovinos, os alimentos contaminados com óleo automotivo,

pastagens próximas à fundições de Pb, fábricas de baterias e estradas, cinza de madeira pintada com óleo, graxa de máquinas, latas de tinta descartadas, cercas, muros, pisos, bebedouros, alimentadores e silos que tinham tinta com Pb para que o gado pudesse lambê-los (REIS et al., 2010).

O Cd é um metal pesado tóxico que é onipresente no meio ambiente. Importantes fontes industriais de poluição de Cd incluem a combustão de carvão, fundição de metais, resíduos de mineração e processamento de liga. Além destas, o elemento está presente em vários materiais como revestimento anticorrosivo, pigmentos (especialmente vermelho e amarelo), estabilizadores, produtos de PVC, material de galvanização, componentes da bateria, gás eliminado de veículos motorizados, fertilizantes fosfatados, pesticidas, plásticos e vidro (REIS et al., 2010). As práticas agrícolas, como a aplicação de lodo de esgoto e fertilizantes contaminados, também contribuem para níveis ambientais, além da utilização de fertilizantes fosfatados, sendo este último o principal fator de risco conhecido nas regiões de criação de ovelhas australianas (MACLACHLAN et al., 2016).

Segundo Gonçalves et al. (2008), a mais importante fonte exógena de Cd são os fertilizantes fosfatados que podem ocasionar elevada concentração deste elemento no solo e nas plantações. Entre os metais pesados, o Cd tem sido pesquisado por se encontrar naturalmente em rochas fosfáticas em concentrações variáveis, sendo utilizadas na fabricação de insumos agropecuários, constituindo-se assim, em importante fonte de contaminação ambiental. Essas fontes de contaminação por Cd são constantemente introduzidas no ambiente (solo, água e ar) e podem intoxicar animais quando ingeridos e/ou inalados, aumentando essa concentração mineral na corrente sanguínea (REIS et al., 2010).

Alloway (1990) estima tempos de residência de metais em solos tão altos quanto 380 anos para Cd e 3000 anos para Pb, enquanto a meia vida desses elementos é estimada em até 1100 e 5900 anos.

As águas dos rios, lagos e mares podem ser poluídas diretamente pela descarga de efluentes industriais ou domésticos. No final os processos tradicionais de tratamento e purificação das águas não são eficientes quando falamos em contaminações por metais pesados como o Pb, As ou Hg. Os perigos deste tipo de contaminações na água não se restringem apenas ao consumo direto dessa água contaminada mas também às consequências diretas na cadeia alimentar quando nos referimos a tóxicos bioacumulativos (JESUS et al., 2011).

3.4. Contaminação por metais através do leite

O leite é considerado uma das mais completas fontes de nutrientes, contendo proteínas, vitaminas e sais minerais e apresenta uma atividade que tem impacto socioeconômico significativo em nosso país. É um alimento amplamente consumido, principalmente por crianças, devendo apresentar qualidade adequada para assegurar a saúde da coletividade. Para isto, é necessário que o leite seja proveniente de animais sadios, colhido e armazenado em condições sanitárias satisfatórias e livre de contaminação ambiental. De acordo com a legislação do Ministério da Agricultura, todo vasilhame empregado no acondicionamento de leite, na ordenha, na coleta ou para mantê-lo em depósito deve ser de aço inoxidável, Al ou Fe estanhado, de perfeito acabamento e sem falhas (OKADA et al., 1997).

Contudo, verifica-se que não há uma regulamentação para metais pesados tóxicos que podem ser inseridos na cadeia do leite podendo provocar efeitos danosos a quem o consome, seja em curto ou a longo prazo (GOMES et al., 2013).

A presença de elementos metálicos nos alimentos varia amplamente, em função de numerosos fatores associados às condições ambientais, às práticas tecnológicas e ao uso indiscriminado de produtos químicos em tratamentos culturais e na produção animal, e provocaram o aparecimento de elementos químicos em alimentos, a exemplo do Pb e Cd (FLYNN, 1992).

Além dos elementos minerais normalmente presentes na composição do leite, existem outros, também em quantidades traços, que são nocivos à saúde humana e animal, por serem de efeito acumulativo, como os metais pesados (GONÇALVES et al., 2008). O emprego de ração e suplementos minerais de baixa qualidade na alimentação dos bovinos e/ou contaminação por fontes antropogênicas (industriais, por exemplo) próximas ao local de criação, podem ter como resultado uma concentração residual de metais pesados como Cd e Pb que, se excretados no leite, poderão ter o homem como receptor final da contaminação na cadeia alimentar (MARÇAL et al., 1998; GOMES et al., 2013). O uso indiscriminado de adubos fosfatados, possíveis fontes de elementos traço tóxicos quando provenientes de fontes não seguras, é uma das causas principais de contaminação de alimentos, entre eles os insumos utilizados nas rações, gerando a possível contaminação no leite (GOMES et al., 2013).

A principal contaminação por elementos traço tóxicos no leite *in natura* pode ter como fonte os insumos contaminados. Ao ingerir, mesmo que em pequenas quantidades, a rota dos elementos traço tóxicos pode seguir duas direções principais: acumular na carcaça do animal (gordura, ossos, fibras) ou serem eliminados nos dejetos havendo aí a possibilidade de

contaminação direta do meio ambiente, como meios aquáticos e solos, que introduzem estes elementos em um novo ciclo de contaminação (GOMES et al., 2013).

O leite pode ser uma fonte significativa de Pb para mamíferos jovens, incluindo a espécie humana. Este elemento se liga às micelas da caseína em leites frescos ou congelados (GONÇALVES, 2007). A contaminação por Pb pode ocorrer de várias formas: ingestão pelos animais em lactação de suplementos minerais e rações contaminadas com Pb; o ar contendo partículas de poeira com Pb, provenientes de processos industriais e mineração; descarga de automóveis; água contaminada; emprego de defensivos agrícolas; fertilizantes fosfatados; suplementos minerais fosfatados e outros, a exemplo do óxido de Zn, óxido de Mg, óxido de Fe, óxido de Mn, calcário dolomítico (agrícola) muito insolúvel, e vários outros suplementos insolúveis e ricos em impurezas, como os fosfatos de rocha e óxido de Zn. Contaminação direta de produtos durante o processamento ou armazenamento, pelo uso de latas com soldas de estanho no processo industrial (SHARIATPANAH e ANDERSON, 1986).

Sharma et al. (1982) observaram que a ingestão, pelos animais, de quantidades maiores que 500 mg de Pb por dia ocasionou um aumento nos níveis de Pb no leite, atingindo valores cerca de 0,06 mg/L. Para o Cd, a ingestão diária de 40 mg não proporcionou elevação nos níveis desse metal no leite.

Cr tem sido utilizado com micronutriente para o crescimento de animais (carboaminofosfoquelato de Cr), apesar de controvérsia sobre sua efetividade, o Cr, Pb e Cd têm sido encontrados como contaminantes em fertilizantes (GONÇALVES et al., 2000), que comprometem a cadeia alimentar, encontrados em suplementos animais. Além disso, a presença de Cr e Cd podem ser provenientes de desgastes de equipamentos de processamento de leite. Portanto, estudos para detectar e rastrear estas fontes de contaminações são extremamente importantes para a saúde pública (GOMES et al., 2013). A contaminação por Cr em leite ocorre principalmente em pastagens próximas de usinas que produzem minerais.

No estudo realizado por Gomes et al. (2013) mostrou-se que há contaminação no leite pasteurizado com elementos traço tóxicos (Cd e Pb) em todas as amostras das três marcas de leite avaliadas, cuja ingestão contínua pode acarretar danos ao organismo humano em longo prazo, mesmo que os teores estejam abaixo do máximo permitido pela legislação. Ressalta-se que crianças e animais jovens são mais suscetíveis à contaminação pela quantidade ingerida ou pela razão massa corporal/ingestão diário.

Marcolino (2014) determinou a presença de Pb, Cd, Cu, Fe e Zn em amostras de leite cru de vacas provenientes de propriedades distribuídas em cinco municípios do Agreste Meridional do Estado de Pernambuco. O autor verificou que todos os metais foram

identificados nas amostras biológicas. Além disso, observou que a presença de efluentes e a proximidade das propriedades de rodovias influenciaram nos níveis de metais pesados no leite dos bovinos analisados. A presença de efluentes contribuiu para o aumento dos níveis de Pb e Zn, e a proximidade das propriedades de rodovias teve influência no aumento dos índices de Pb, Cd e Cu.

De acordo com a legislação brasileira, os limites máximos permitidos para o Pb e o Cd no leite fluido e produtos lácteos são de 0,02 mg/kg e 0,05 mg/kg, respectivamente (ANVISA, 2013).

3.5. Influência de metais pesados em neonatos

A fase de cria de bezerras tem um grande impacto na produtividade, uma vez que estes são os animais do rebanho mais suscetíveis a doenças, sendo o status de saúde, manejo nutricional e o bem-estar, fatores que influenciam diretamente na produção futura desses animais (HEINRICHS e HEINRICHS, 2011).

O desenvolvimento adequado e o crescimento de fetos e bezerros recém-nascidos requerem uma transferência adequada de nutrientes através da placenta ou da glândula mamária (KINCAID e HODGSON, 1989). As deficiências de minerais traços e vitaminas contribuem para uma série de causas de perdas fetal, neonatal e pós-natal em bezerros, além de ter impactos importantes no desempenho reprodutivo (CHERYL e BLAKLEY, 2014). Os animais mais suscetíveis a essas deficiências são animais jovens e de crescimento rápido e animais durante a primeira prenhez e aleitamento (MACLACHLAN et al., 2016).

Existem inter-relações complexas entre certos micronutrientes, função imunológica e resistência a doenças em bovinos. Vários micronutrientes mostraram influenciar a resposta imune dos animais. Os minerais residuais desempenham um papel importante na imunidade das vacas leiteiras, fertilidade e crescimento (RAM et al., 2020). Nockels et al. (1993), relataram que bezerros estressados reduziram sua capacidade de retenção de minerais traço. A inclusão de minerais na dieta não garante a ingestão ou absorção, até porque a ingestão de matéria seca já diminui durante as condições de doença. Além disso, os suplementos minerais dietéticos podem não ser absorvidos adequadamente devido a interações com outros nutrientes. Antagonistas na água potável, como o Fe, também podem prejudicar a absorção de minerais traços do trato digestivo (RAM et al., 2020).

As preocupações têm crescido ao longo das últimas décadas sobre a neurotoxicidade do desenvolvimento devido à exposição no início da vida ao Pb, Hg, Cd e

outros oligoelementos metálicos ubíquos, como As e Mn. Numerosos estudos demonstraram que tanto o Pb como o Hg são altamente neurotóxicos para o desenvolvimento do cérebro e do sistema nervoso em doses muito mais baixas do que as que prejudicam a função cerebral adulta. A exposição precoce a As, Cd e Mn também foi implicada em distúrbios do desenvolvimento neurológico em seres humanos, mas poucos dados estão disponíveis sobre os efeitos do desenvolvimento neurológico da exposição a níveis ambientalmente relevantes desses metais (FREIRE et al., 2018).

O Fe é um mineral importante que participa da preservação do estado de saúde e imunidade e participa de vários metabolismos do corpo (RADWIŃSKA e ŻARCZYŃSKA, 2014). A necessidade de Fe de animais jovens é maior do que a de ruminantes adultos, e é estimada em cerca de 100 ppm. As deficiências são mais prováveis de acontecer em animais jovens, uma vez que o leite de vaca tem baixo teor de Fe (quase 10 ppm) (NRC, 2001). Uma comparação dos minerais componentes do leite e do recém-nascido indicou que, enquanto os outros componentes eram idênticos em concentrações, a percentagem do Fe no resíduo do leite era apenas um sexto da taxa de Fe no resíduo do recém-nascido. Foi constatado que havia uma percentagem muito mais elevada de Fe presente no nascimento que mais tarde na vida (GONÇALVES, 2007). Segundo Khaleghnia et al. (2020), se os bezerros forem alimentados com ração seca a partir de algumas semanas de idade, as reservas principalmente de Fe no fígado do bezerro, são geralmente adequadas para prevenir anemia grave. No entanto, quando bezerros são alimentados apenas com dieta láctea por algumas semanas, eles podem apresentar anemia por deficiência de Fe posteriormente. Isso, por sua vez, pode impactar negativamente o crescimento e a conversão alimentar.

Em novilhos e na maioria dos outros animais, os sinais de intoxicação crônica por Fe limitam-se à redução do consumo de ração, taxa de crescimento e eficiência de conversão alimentar. Não há relato sobre o efeito do Fe dietético elevado no desempenho do bezerro pré-ruminante e estes são capazes de suportar a ingestão de Fe entre 2000 e 5000 ppm (JENKINS e HIDIROGLOU, 1987).

O Cu é encontrado em muitas enzimas e desempenha um papel regulador muito importante nos processos bioquímicos. É um componente de duas enzimas do metabolismo aeróbico: citocromo C oxidase e superóxido dismutase. Em bezerros, a absorção de Cu é alta, aproximadamente 70 a 80%, mas diminui para 1,0 a 10,0% após o desenvolvimento dos pré-estômagos (SPEARS, 2003).

O Cu é acumulado já durante o desenvolvimento fetal e, semelhantemente ao Fe, uma substancial reserva de Cu no nascimento tem como finalidade principal de atender às

exigências de crescimento durante o período de lactação, pois o leite tem uma concentração muito baixa deste elemento em sua composição (MAYNARD e LOOSLI, 1974).

A taxa cúprica diminui grandemente quando a dieta é deficiente. Sabe-se que o baixo teor de Cu no plasma em vacas aumenta o risco de distúrbios de saúde ou retardo de crescimento em bezerros. A deficiência de Cu em vacas aumenta o risco de diarreia em bezerros, mesmo naqueles cujas mães foram vacinadas contra os principais agentes virais e bacterianos responsáveis pela enterite neonatal. O feto tem prioridade para o Cu quando a vaca é deficiente. Portanto, bezerros recém-nascidos de vacas deficientes em Cu podem apresentar um estado normal desse elemento (ENJALBERT et al., 2006). Gooneratne e Christensen (1989) observaram concentrações de Cu significativamente mais altas no fígado de fetos de bovino do que nas mães.

A sensibilidade dos ruminantes à alimentação com deficiência de Cu diminui com a idade porque o Cu é particularmente importante para bezerros, cordeiros e cabritos de crescimento rápido. A deficiência primária de Cu é observada principalmente em regiões onde o teor de Cu do solo é baixo ou onde o elemento não está disponível para as plantas. A forragem verde dessas pastagens seriam incapazes de atender à demanda dos animais por Cu, e os indivíduos jovens não recebem quantidades adequadas de Cu no leite. A deficiência secundária de Cu ocorre quando a presença de antagonistas, como Mo, S, Cd, Pb, Zn, Ca e Fe, inibe a disponibilidade de Cu na alimentação. Doenças que inibem a disponibilidade de Cu na dieta, em particular distúrbios gastrointestinais, também podem contribuir para a deficiência secundária de Cu (RADWIŃSKA e ŻARCZYŃSKA, 2014).

O retardo do crescimento em bezerros de vacas com deficiência de Cu já foi descrito, mas na maioria dos experimentos, a deficiência de Cu foi secundária ao excesso de Mo na dieta, de modo que a separação dos efeitos deletérios do excesso de Mo e da deficiência de Cu foi difícil. A relação entre diarreia e deficiência de Cu foi descrita principalmente em animais pastando em pastagens ricas em Mo. (ENJALBERT et al., 2006). Segundo Underwood e Suttle (1999) o retardo do crescimento observado com o excesso de Mo na dieta está presumivelmente relacionado ao comprometimento das funções dependentes do Cu. No estudo realizado por Enjalbert et al. (2006), a mortalidade perinatal de bezerros foi associada a deficiência de Cu.

O Cu desempenha uma série de funções no corpo e sua deficiência produz uma variedade de sintomas. Os bezerros podem ser afetados por claudicação e ataxia transitória dos membros posteriores (que cede após o repouso) acompanhados por quedas repentinas e/ou posição de cão sentado, fraqueza progressiva que leva à debilidade e apetite depravado.

Mudanças na cor da pelagem e anemia macrocítica hipocrômica são mais frequentemente observadas em bovinos adultos (GOONERATNE et al., 1989).

Os bovinos são relativamente tolerantes ao Cu e suportam até 100 mg de Cu/Kg de alimentos (REIS et al., 2010) e a tolerância dos bezerros à dose superior de Cu no leite é desconhecida (JENKINS e HIDROGLOU, 1989). No entanto, leite com até 50 ppm de Cu não causou sintomas de intoxicação, mas quando o leite aumentou em 200 e 500 ppm de Cu, o ganho de peso foi reduzido e leite com 1.000 ppm levou bezerros à morte em 3 a 5 dias após a ingestão (JENKINS, 1989; JENKINS e HIDROGLOU, 1989).

O Zn é um componente ou um ativador de quase 300 enzimas e desempenha uma variedade de funções biológicas no corpo. Da mesma forma que outras deficiências de microelementos, a deficiência de Zn pode ser primária, quando o leite e a ração não fornecem aos animais quantidades suficientes do elemento, e secundária, quando a alimentação contém níveis adequados de Zn, mas sua disponibilidade a partir da alimentação é reduzida pelos antagonistas de Zn (deficiência de Cu, Mg, Ca, fosfatos, compostos divalentes de Fe) e de aminoácidos (RADWIŃSKA e ŻARCZYŃSKA, 2014). O leite da vaca é uma fonte pobre de Zn, assim como para todos os oligoelementos nutricionais (HERDT e HOFF, 2011).

A deficiência leve de Zn em bezerros é acompanhada por sintomas não específicos, como diminuição do apetite, maior taxa de conversão alimentar e menor ganho de peso. Desenvolvimento testicular atrasado e hipogonadismo levando a oligospermia e deficiência de testosterona foram observados em bezerros com baixos níveis de Zn (BEDWAL e BAHUGUNA 1994). Já a deficiência grave pode levar a alterações na pele, incluindo descamação, formação de crostas, coceira e queda de pelo. Essas alterações são inicialmente observadas ao redor dos olhos, lábios, narinas, no pescoço, na região interior dos membros, pele do úbere, pele do escroto, na área do reto e vulva. O inchaço pode aparecer nas áreas afetadas. Esse tipo de deficiência de Zn também pode ser acompanhado por inflamações das cavidades oral e nasal com salivação excessiva, inchaço das gengivas e ranger de dentes (MACHEN et al. 1996, HOSNEDLOVÁ et al. 2007). As alterações acima são sintomas de paraqueratose, um distúrbio que provavelmente é causado por deficiência na síntese de proteínas e ativação de enzimas dependentes de Zn que são essenciais para o metabolismo de carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos (RADWIŃSKA e ŻARCZYŃSKA, 2014).

Existe a possibilidade de que uma grande variedade de contaminantes ambientais, incluindo Pb, Cd e Hg, possam ser absorvido pelo organismo da vaca e, através da placenta, no feto em desenvolvimento. A nutrição baseado em leite também pode promover a

reabsorção e acumulação de Pb, se esse leite estiver contaminado. O resultado disso pode ser um bezerro doente, resultando em morte precoce (CIBULKA et al., 1989).

Em relação aos animais domésticos, os bovinos são considerados como uma das espécies mais sensíveis à intoxicação por Pb e esta parece afetar com maior intensidade todos os animais jovens em relação aos adultos. Os sinais clínicos de intoxicação por Pb incluem, assim como no homem, a neurotoxicidade, incluindo cegueira, espasmos musculares, hiperirritabilidade, depressão, convulsões (principalmente em animais jovens), ranger de dentes, mastigação vazia, ataxia, andar em círculos ou sem direção, e pressão da cabeça (manifestação de edema cerebral). Também pode apresentar salivação excessiva, anorexia, timpanismo e diarreia. Como o Pb pode atravessar a placenta e se acumular no feto, abortos ou natimortos também podem ocorrer como consequência da intoxicação. A dose letal varia entre 400 e 600 mg/kg de peso corporal em bezerros e 600 e 800 mg/kg de peso corporal em bovinos adultos. Uma dose única de 200 a 400 mg Pb/kg de peso vivo ocasiona a morte de bezerros após ingestão (CHECKLEY et al., 2002; REIS et al., 2010). Os resultados obtidos por Zmudisk et al. (1983) demonstraram que a ingestão diária de Pb de 2,7 mg Pb/kg de peso vivo causa a morte do bezerro em 20 dias. Uma dose de 5,0 mg de Pb/kg causa morte no 7º dia.

Checkley et al. (2002) relataram um caso de intoxicação de Pb em bovinos a campo e dentre os animais havia um bezerro. A concentração de Pb nas amostras de sangue coletadas de outros bezerros, nessa mesma propriedade, durante o período pós-natal variou entre 0,010 e 0,095 ppm, indicando nenhum acúmulo substancial de Pb nos neonatos. Os autores concluíram que, como o Pb é excretado no leite, amostras de sangue desses bezerros ao desmame teriam sido necessárias para determinar o efeito da lactação no acúmulo de Pb nesses animais (CHECKLEY et al., 2002).

A contaminação do meio ambiente por Cd é resultado de seu uso industrial, sua presença em fertilizantes agrícolas e o descarte de resíduos contendo esse metal. A poluição de resíduos de minas, fundições de Cu, fundições de Pb e a aplicação de lodo de esgoto em pastagens, causaram aumento nas concentrações de Cd no solo e resultou na translocação deste para a alimentação dos animais e do homem (LAMPHERE et al., 1984).

Como o Cd é mal absorvido pelas plantas, o principal risco de toxicidade que ocorre em animais a pasto é através da ingestão de solos enriquecidos com Cd de fertilizantes inorgânicos (superfosfato) ou orgânicos (lama de esgoto). No entanto, o Cd não é facilmente transferido através da placenta e pelo leite de bovinos. O Cd no sangue está apenas marginalmente aumentado acima do normal ($> 0,01 \mu\text{g/L}$) (SUTTLE, 2010). Em estudos em

bovinos, um suplemento de 5 mg de Cd/kg de MS fornecido durante a prenhez reduziu o Cu do fígado em bezerros recém-nascidos em 29%, enquanto 1 mg de Cd/kg de MS foi suficiente para reduzir o Cu do fígado na mãe em 40% (SMITH et al., 1991).

Webb (1975) demonstrou a indução de Zn por metalotioneína em ratos que protegeu contra a toxicidade do Cd. Segundo Lamphere et al. (1984), a alimentação simultânea com níveis mais elevados de Zn na dieta demonstra reduzir o acúmulo de Cd em bezerros, Sugerindo-se o uso potencial de sais de Zn em dietas de animais com suspeita ou que se sabe terem alto consumo de Cd, na redução da carga corporal deste.

Embora muitos laboratórios de diagnóstico possam fornecer uma análise abrangente das concentrações de micronutrientes a partir de uma amostra fresca de fígado, a interpretação dos achados é limitada pela falta de compreensão dos níveis esperados para bezerros e como esses níveis mudam com base nos micronutrientes e idade destes. A captação de micronutrientes e o metabolismo do bezerro muda dramaticamente no nascimento e nas primeiras semanas de vida (CHERYL e BLAKLEY, 2014). Segundo estes autores, são necessários valores adicionais de referência específicos para o período de risco para fetos e bezerros nos primeiros 30 dias de vida, considerando variáveis como por exemplo a ingestão de colostro, a qual depende as concentrações de vários micronutrientes importantes. Herdt e Hoff (2011) trazem alguns valores séricos de minerais que poderiam ser tidos como referências para a avaliação em neonatos bovinos: Co: 0,18 – 2,3 ng/mL; Cu: 0,3 – 1,0 µg/mL; Fe: 0,25 – 1,7 µg/mL; Mn: 1,0 – 4,0 ng/mL; Mo: 1 – 15 ng/mL; Se: 20 – 70 ng/mL e Zn: 0,6 – 1,75 µg/mL.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi submetida e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob o número de licença 029/2017, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (Anexo 2).

4.1 Colheita das amostras

As amostras biológicas foram obtidas entre 18 de maio e 09 de dezembro de 2017. Para a detecção dos metais foram utilizadas 122 amostras de soro sanguíneo de bezerros, provenientes de 18 propriedades, distribuídas em 12 municípios do Agreste pernambucano. Foram coletadas amostras de bezerros mestiços Holandês x Zebu e Holandês, machos e fêmeas, lactentes, com idade entre um a trinta dias de vida, provenientes de rebanhos de municípios localizados nas microrregiões do Vale do Ipanema (Venturosa, Garanhuns e Pedra), Vale do Ipojuca (Sanharó, Pesqueira, Alagoinha, Tacaimbó, Poção, São Bento do Una, Cachoeirinha e Caruaru) e Brejo Pernambucano (Altinho). As propriedades foram selecionadas em virtude do beneficiamento pelas águas dos rios Ipojuca, Ipanema, Mundaú, Capibaribe e Una. Os proprietários foram submetidos a uma entrevista, tomando como base um questionário epidemiológico, para obtenção de dados referentes ao manejo utilizado com relação à criação dos animais (Anexo 1). Amostras de sangue foram coletadas de animais que eram alimentados com leite proveniente das vacas da propriedade que consumiam a água, pastavam às margens ou que se alimentavam de forragem submetida à irrigação pelas águas dos rios selecionados. Ressalta-se que a quantidade oferecida de leite e sua administração eram feitas de acordo com o manejo de cada fazenda, sendo observado três tipos de manejo quanto a administração: amamentação diretamente na vaca, utilização de mamadeira e utilização de balde. A seleção das propriedades e a coleta das amostras dentro dos rebanhos ocorreu por conveniência.

A coleta de sangue foi realizada pela venopunção da veia jugular em tubos a vácuo siliconizados (Vacutainer®) sem anticoagulante. As amostras foram acondicionadas sob refrigeração em caixa isotérmica (4°C) e encaminhadas ao Laboratório de Patologia Clínica da Clínica de Bovinos, campus Garanhuns, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CBG/UFRPE). Após a retração do coágulo, os tubos foram centrifugados a 1600 G por 15 min para obtenção do soro, que foi distribuído em tubos cônicos de

polipropileno (Eppendorf®), com capacidade de 2,5 mL, e mantidos em freezer (-20°C) para posterior processamento laboratorial.

4.2 Eficiência da digestão

Antes da definição do método de digestão, realizam-se testes com uma amostra de cada origem para avaliar a eficiência do procedimento de decomposição. A eficiência da reação digestiva por micro-ondas foi ponderada mediante ao resultado do teor de carbono residual (RCC – Residual Carbon Content), que é determinado como a porcentagem de carbono remanescente na amostra posteriormente a ação de decomposição em relação ao teor original de carbono na amostra anterior à digestão (KRUSHEVSKA et al., 1992; GOUVEIA et al., 2001). A utilização de espectrofotometria mensurou o carbono orgânico original e residual nas amostras. Foram realizadas alterações no método de digestão (massa de amostra, tempo e temperatura de digestão) até que valores adequados de RCC fossem obtidos.

A quantificação dos teores de carbono originais e remanescentes foi realizada com espectrofotômetro de absorção molecular UV-visível (DR/2010, Hach, EUA) com uma célula de 13,5 mm de caminho óptico, monitorando o comprimento de onda de 620 nm. Ocorreu-se por meio de uma adaptação do método empregado por Krushevska et al. (1992), onde uma alíquota de 1 mL (solução ou suspensão) foi transferida diretamente para tubos de ensaio com rosca (Hach, EUA).

Foram então adicionados 1,5 mL de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) (50 g L⁻¹) e 2,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Os tubos foram fechados e homogeneizados em agitador de tubos (tipo vortex) (Q-220B2, Quimis, Brasil) e depois levados para um bloco digestor (Spectroquant TR 420, Merck, Alemanha) a 150°C por 2 h. Com a amostra em temperatura ambiente, a absorbância foi medida no comprimento de onda de 620 nm usando o próprio tubo como uma cubeta.

A concentração de carbono foi estimada usando uma curva analítica previamente preparada. Quando o teor de carbono era muito alto, a amostra era diluída (solução ou suspensão). Após vários testes com utilização de volume/peso de amostras e reagentes o protocolo foi escolhido de acordo com a eficiência na decomposição de cada origem amostral.

4.3 Digestão ácida assistida por radiação micro-ondas

As amostras foram preparadas antes da quantificação dos minerais, passando por digestão ácida assistida por radiação micro-ondas. Foram utilizadas 15 soluções do branco

analítico, as quais passaram por todas as etapas de preparo das amostras, porém na ausência amostra. As amostras colhidas e armazenadas referentes ao soro sanguíneo, foram transportadas em caixas isotérmicas para processamento no Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ), da UFRPE.

As digestões das amostras de soro sanguíneo seguiram o padrão de processamento assistido por radiação micro-ondas realizado pelo equipamento Mars Xpress, em frascos digestores de perfluoroalcoxi (PFA). O programa registrado apresentava quatro etapas com potência e pressão máxima respectivamente equivalente a 600 W e 0,5 bar, e variação de tempo e temperatura (etapa 1: dez minutos – 100° C, etapa 2: cinco minutos – 160° C, etapa 3: quinze minutos – 160° C, etapa 4: cinco minutos – 30°C), totalizando 35 minutos.

Foi coletado 1 mL de cada amostra de soro e acondicionado em tubos individuais. As soluções usadas para obtenção da reação de digestão foram 1,5 mL de ácido nítrico (HNO₃ a 65% PA), 1 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂ 35% PA), os quais foram pipetados respectivamente nessa ordem após a introdução da amostra. As soluções resultantes foram diluídas até 8 mL com água destilada-deionizada e armazenadas em tubos de centrifugação de polipropileno à 4 °C até o momento da análise.

Os digeridos que apresentaram sólidos residuais foram submetidos a um procedimento de centrifugação 3000 rpm por 10 minutos. Em seguida o sobrenadante foi cuidadosamente separado antes da determinação dos minerais.

As digestões das amostras de soro foram realizadas no Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da UFRPE.

4.4 Determinação dos limites de quantificação (LQ) e detecção (LD)

Para determinação dos limites de quantificação (LQ) e de detecção (LD) do método foram preparados 15 brancos analíticos seguindo o procedimento de digestão estabelecido para cada amostra. O limite de detecção é definido como $3 \times DP_{\text{Branco}}/a$ e o limite de quantificação como $10 \times DP_{\text{Branco}}/a$, sendo o “DPBranco” o desvio-padrão do sinal analítico do branco ($n = 10$) e “a” o coeficiente angular da curva analítica (ANALYTICAL METHODS COMMITTEE, 1987). Apenas foram expressos e discutidos neste trabalho os valores de concentração que ficaram acima do limite de detecção.

4.5 Determinação de minerais

Os macro e microminerais: Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mo, Ni, P, Pb, S e Zn foram quantificados a partir de espectrômetro de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente ICP-OES Agilent 5100®.

Foram utilizadas as condições operacionais expressas na Tabela 1. As seguintes linhas de emissão (nm), em vista axial de plasma, foram monitoradas: Al 396,152; Ca 317,933; Cd 228,802; Co 238,892; Cr 267,716; Cu 324,754; Fe 238,204; K 766,491; Mg 279,078; Mo 202,032; Ni 231,640; P 213,618; Pb 220,353, S 181,972; Zn 213,857. Os comprimentos de ondas listados foram escolhidos a partir da abundância relativa dos elementos nas amostras de soro. Comprimentos de onda menos sensíveis foram escolhidos para os macrominerais e aqueles mais sensíveis para os microminerais. O argônio com pureza mínima de 99,999% (Messer Gases, Brasil) foi utilizado nas determinações do ICP-OES para a geração de plasma, nebulização e gás auxiliar.

Tabela 1. Parâmetros utilizados na análise ICP-OES

Parâmetros instrumentais	ICP-OES
Potência de radiofrequência (W)	1200
Vazão de gás de plasma (L min ⁻¹)	12
Vazão de gás auxiliar (L min ⁻¹)	1,0
Vazão de gás nebulizador (L min ⁻¹)	1,0
Tempo de descarga (s)	10
Tempo de atraso (s)	15
Nebulizador	Concêntrico
Câmara de pulverização	Ciclônica

Uma solução-mãe de ftalato ácido de potássio - KHP (Merck, Alemanha) contendo 10000 mg L⁻¹ de carbono foi preparada e, a partir dela, soluções padrão de calibração foram feitas na faixa de 50 – 3200 mg L⁻¹ de carbono. A curva analítica multielementar foi preparada a partir de soluções monoelementares dos analitos Ca, P, Mg, K, S, Cu, Fe, Zn, Cr, Cd, Al, e Pb (Specsol, Brasil), Co, Mo, (SCP Science, Canadá) e Ni (Inorganic Ventures, EUA) na concentração de 1000 mg L⁻¹.

As seguintes concentrações da solução de calibração padrão foram aplicadas na preparação das curvas analíticas: 0,01; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 mg L⁻¹ (Al, Cu, Fe); 1, 20, 40, 60, 80 e 100 mg L⁻¹ (Ca, K, Mg, P, S); 0,001; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 e 0,1 mg L⁻¹ (Cd, Co, Mo, Ni); 0,005; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mg L⁻¹ (Cr, Pb); 0,05; 1, 2, 3, 4 e 5 mg L⁻¹ (Mn, Zn). As

soluções foram preparadas em meio HNO_3 a 5% (v/v) para aumentar sua estabilidade, evitando a precipitação e adsorção dos analitos nos recipientes.

As quantificações dos metais foram realizadas no laboratório de Química Analítica do Centro de Apoio à Pesquisa da UFRPE (CENAPESQ/UFRPE).

4.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o procedimento General Linear Models (GLM) do programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2009). As médias foram comparadas pelo Teste de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$).

Realizou-se também análise de correlação de Pearson entre pares de variáveis. A significância obtida na correlação linear foi avaliada ficando estabelecido que exista uma correlação de alta intensidade entre as variáveis com $r > 0,61$; média intensidade com $0,31 < r < 0,60$; e de baixa intensidade com $r < 0,30$. O nível de significância obtido para todas as correlações foi de 5 % de probabilidade.

5. RESULTADOS

Os bezerros criados em propriedades localizadas na microrregião do Brejo Pernambucano apresentaram maiores concentrações séricas de Fe, Zn, Cr e Al. Enquanto os animais criados em propriedades localizadas no Vale do Ipanema apresentaram menores concentrações de Cr, e Al. Não houve diferença para as concentrações séricas de Cu, Mo, Co, Cd, Ni e Pb em relação as microrregiões (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes nas microrregiões Vale do Ipanema (n=16), Ipojuca (n=90) e Brejo Pernambucano (n=6) nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Microrregiões		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
Vale do Ipanema	Média	0,517	3,190b	0,369b	0,026	0,008	0,595b	0,006	3,877b	0,222	0,063
	DP	0,147	0,703	0,245	0,012	0,006	0,139	0,003	0,684	0,020	0,041
	Mediana	0,484	3,107	0,339	0,026	0,006	0,508	0,006	3,489	0,222	0,056
	LI	0,056	2,611	0,145	0,017	0,003	0,491	0,003	3,356	0,205	0,046
	LS	0,618	3,795	0,549	0,033	0,011	0,727	0,008	4,647	0,237	0,061
Vale do Ipojuca	Média	0,529	3,505b	0,505b	0,028	0,006	0,650ab	0,005	4,241ab	4,241	0,049
	DP	0,127	0,809	0,287	0,019	0,004	0,110	0,004	0,622	0,021	0,033
	Mediana	0,509	3,470	0,544	0,025	0,004	0,690	0,004	4,371	0,220	0,046
	LI	0,426	2,923	0,263	0,013	0,003	0,550	0,002	3,757	0,209	0,022
	LS	0,611	3,993	0,716	0,038	0,008	0,740	0,007	4,601	0,240	0,067
Brejo Pernambucano	Média	0,521	4,288a	0,728a	0,016	0,002	0,725a	0,725	4,483a	0,214	0,059
	DP	0,110	0,840	0,160	0,007	0,001	0,001	0,000	0,170	0,021	0,048
	Mediana	0,475	4,340	0,670	0,013	0,001	0,719	0,001	4,422	0,205	0,050
	LI	0,453	3,541	0,608	0,011	0,001	0,707	0,001	4,403	0,200	0,021
	LS	0,659	5,125	0,880	0,022	0,003	0,743	0,001	4,661	0,230	0,092
<i>Nível de "p"</i>		0,9403	0,0145	0,0220	0,2930	0,1400	0,0354	0,1400	0,0458	0,5483	0,6184

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Os bezerros criados em propriedades localizadas na microrregião do Vale do Ipojuca apresentaram maiores concentrações séricas de Ca e K. A maior concentração sérica de S foi observada nos animais criados na região do Brejo Pernambucano, enquanto a menor foi observada naqueles criados na região do Vale do Ipojuca. Não houve diferença para as concentrações séricas de P e Mg em relação as microrregiões (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes nas microrregiões Vale do Ipanema (n=16), Ipojuca (n=90) e Brejo Pernambucano (n=6) nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Microrregiões		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
Vale do Ipanema	Média	73,21b	114,21	11,34	231,65b	620,49ab
	DP	8,74	25,60	5,22	24,45	42,89
	Mediana	73,96	108,95	8,44	235,50	621,57
	LI	69,27	77,73	7,71	222,12	599,16
	LS	79,12	166,17	16,33	245,86	653,99
Vale do Ipojuca	Média	78,39a	111,87	10,73	253,08a	569,16b
	DP	7,87	22,10	2,15	29,40	78,43
	Mediana	78,63	112,62	11,22	247,33	567,85
	LI	72,83	62,01	8,75	233,81	516,49
	LS	82,91	160,04	12,18	269,36	610,11
Brejo Pernambucano	Média	74,98b	127,90	12,11	227,27b	653,84a
	DP	6,99	23,04	1,69	24,10	51,72
	Mediana	76,11	121,66	12,51	223,73	663,98
	LI	74,05	104,32	10,66	207,95	615,81
	LS	80,63	158,71	13,01	234,98	703,21
<i>Nível de "p"</i>		0,0435	0,1628	0,3752	0,0050	0,0022

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP

– Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior.

Bezerros criados em propriedades próximas a rodovias apresentaram maiores concentrações séricas de Fe, Zn, Cr e Al, e menores de Mo em relação àqueles criados em propriedades distantes de rodovias. Não houve diferença para as concentrações séricas de Cu, Co, Cd, Ni e Pb em relação a distância de rodovias (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados em propriedades distantes (n=66) ou próximas (n=46) a rodovias, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Rodovias		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
Distantes	Média	0,533	3,321b	0,429b	0,032a	0,006	0,607b	0,005	4,024b	0,222	0,045
	DP	0,137	0,788	0,312	0,019	0,005	0,122	0,004	0,702	0,021	0,035
	Mediana	0,508	3,329	0,364	0,027	0,004	0,558	0,004	3,806	0,220	0,043
	LI	0,437	2,607	0,155	0,018	0,002	0,490	0,003	3,438	0,206	0,017
	LS	0,644	3,868	0,665	0,041	0,008	0,728	0,007	4,537	0,239	0,064
Próximas	Média	0,517	3,762a	0,597a	0,020b	0,006	0,703a	0,004	4,457a	0,224	0,056
	DP	0,115	0,801	0,205	0,012	0,004	0,071	0,004	0,388	0,021	0,035
	Mediana	0,484	3,629	0,646	0,016	0,004	0,713	0,004	4,497	0,222	0,049
	LI	0,426	3,186	0,466	0,011	0,003	0,671	0,001	4,287	0,210	0,033
	LS	0,591	4,152	0,779	0,027	0,008	0,751	0,007	4,670	0,240	0,078
<i>Nível de "p"</i>		0,4990	0,0047	0,0025	0,0006	0,7030	<,0001	0,4277	0,0002	0,6724	0,2201

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros criados em propriedades próximas a rodovias apresentaram maiores concentrações séricas de Ca, P e Mg. Não houve diferença para as concentrações séricas de K e S em relação a distância de rodovias (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes criados em propriedades distantes (n=66) ou próximas (n=46) a rodovias, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Rodovias		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
Distantes	Média	75,39 ^b	106,46 ^b	10,38 ^b	246,19	571,46
	DP	7,72	24,47	3,22	27,70	83,62
	Mediana	74,05	103,25	9,57	243,73	578,78
	LI	70,32	87,36	8,06	232,42	513,16
	LS	80,64	122,42	12,10	260,51	624,99
Próximas	Média	80,44 ^a	122,54 ^a	11,61 ^a	252,15	594,76
	DP	7,81 ³	15,98	1,72 ⁵	32,35	64,76
	Mediana	80,71	125,15	12,04	244,24	587,18
	LI	76,79	113,41	10,94	229,46	546,74
	LS	83,85	130,98	12,47	269,36	634,43
<i>Nível de "p"</i>		0,0010	0,0002	0,0195	0,2988	0,1154

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros criados em bezerreiros apresentaram maiores concentrações séricas de Fe, Zn, Cr e Al. As maiores concentrações séricas de Mo foram observadas em bezerros criados em baias individuais, enquanto as menores foram observadas nos criados em bezerreiros. Não houve diferença para as concentrações séricas de Cu, Co, Cd, Ni e Pb com relação ao local de criação dos animais (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados em bezerreiro (n=41), baias individuais (n=59) ou piquete (n=12), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Sistema de manejo		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
Bezerreiro	Média	0,521	3,766a	0,614a	0,019b	0,005	0,708a	0,004	4,514a	0,228	0,051
	DP	0,120	0,735	0,143	0,011	0,004	0,073	0,004	0,576	0,024	0,036
	Mediana	0,484	3,759	0,636	0,016	0,003	0,717	0,003	4,537	0,227	0,046
	LI	0,425	3,372	0,488	0,011	0,002	0,695	0,001	4,334	0,209	0,017
	LS	0,601	4,088	0,729	0,029	0,007	0,748	0,005	4,666	0,244	0,074
Baias individuais	Média	0,519	3,363b	0,449b	0,032a	0,006	0,620b	0,005	4,071b	0,221	0,047
	DP	0,127	0,809	0,334	0,020	0,004	0,121	0,004	0,584	0,019	0,030
	Mediana	0,507	3,287	0,356	0,0275	0,005	0,608	0,004	4,028	0,218	0,039
	LI	0,417	2,696	0,165	0,019	0,003	0,520	0,002	3,521	0,206	0,025
	LS	0,583	3,856	0,681	0,042	0,008	0,733	0,007	4,537	0,239	0,064
<i>Nível de "p"</i>		0,2741	0,0315	0,0027	0,0019	0,5771	<,0001	0,2243	<,0001	0,0775	0,5500

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros criados em bezerreiros apresentaram maiores concentrações séricas de P e Mg. Enquanto as menores concentrações séricas de P foram observadas nos animais criados em baias individuais. Os bezerros criados em piquetes apresentaram maiores concentrações séricas de S. Não houve diferença para as concentrações séricas de Ca, e K com relação ao local de criação dos animais (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes criados em bezerreiro (n=41), baias individuais (n=59) ou piquete (n=12), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Sistema de manejo		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
Bezerreiro	Média	76,32	123,33a	12,08a	245,67	593,46b
	DP	7,23	19,43	2,99	33,31	64,02
	Mediana	76,79	125,17	11,90	239,56	591,33
	LI	72,72	107,07	10,46	227,42	543,76
	LS	81,95	135,57	12,71	251,00	629,26
Baias individuais	Média	78,06	106,26b	10,23b	252,91	559,79b
	DP	9,18	23,19	2,29	28,78	82,10
	Mediana	77,47	104,32	10,57	251,65	562,39
	LI	71,69	86,91	8,11	234,98	503,63
	LS	82,95	125,08	12,24	270,20	611,40
<i>Nível de "p"</i>		0,5212	0,0008	0,0020	0,1995	0,0009

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

As maiores concentrações séricas de Cr e Al foram observadas nos bezerros que mamavam diretamente nas vacas (ao pé). Estes mesmos animais apresentaram as menores concentrações séricas de Mo. Não houve diferença para as concentrações séricas de Cu, Fe, Zn, Co, Cd, Ni e Pb com relação ao tipo de aleitamento dos animais (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados em aleitamento ao pé (n=22), utilizando mamadeira (n=42) ou balde (n=48), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Aleitamento		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
Ao pé	Média	0,567	3,822	0,608	0,017b	0,004	0,709a	0,005	4,588a	0,230	0,055
	DP	0,136	0,640	0,160	0,010	0,003	0,087	0,003	0,751	0,023	0,044
	Mediana	0,586	3,806	0,636	0,015	0,004	0,720	0,004	4,563	0,232	0,051
	LI	0,464	3,452	0,500	0,009	0,002	0,704	0,003	4,403	0,209	0,017
	LS	0,659	4,263	0,735	0,025	0,007	0,750	0,006	4,729	0,245	0,081
Mamadeira	Média	0,536	3,481	0,423	0,034a	0,006	0,651b	0,005	4,163b	0,221	0,052
	DP	0,136	0,846	0,251	0,023	0,004	0,087	0,003	0,438	0,022	0,034
	Mediana	0,520	3,311	0,427	0,028	0,005	0,671	0,005	4,263	0,220	0,048
	LI	0,418	2,790	0,200	0,016	0,003	0,556	0,001	3,757	0,207	0,028
	LS	0,611	3,981	0,649	0,044	0,008	0,731	0,007	4,531	0,233	0,067
Balde	Média	0,500	3,375	0,515	0,026a	0,007	0,613b	0,005	4,058b	0,221	0,048
	DP	0,113	0,845	0,333	0,013	0,005	0,133	0,004	0,651	0,018	0,032
	Mediana	0,485	3,410	0,555	0,024	0,004	0,623	0,004	4,198	0,219	0,039
	LI	0,427	2,599	0,225	0,016	0,003	0,484	0,002	3,394	0,205	0,025
	LS	0,560	3,851	0,752	0,036	0,010	0,735	0,007	4,597	0,239	0,066
<i>Nível de "p"</i>		0,1111	0,1029	0,0530	0,0021	0,5252	0,0039	0,9667	0,0035	0,1761	0,8212

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

As maiores concentrações séricas de P e Mg foram observadas nos bezerros que mamavam diretamente nas vacas (ao pé). As menores concentrações séricas de S foram observadas nos bezerros que eram alimentados através da utilização de mamadeira. Não houve diferença para as concentrações séricas de Ca, e K com relação ao tipo de aleitamento dos animais (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes criados em aleitamento ao pé (n=22), utilizando mamadeira (n=42) ou balde (n=48), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Aleitamento		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
Ao pé	Média	74,09	125,99a	12,62a	240,44	619,08a
	DP	8,34	22,15	3,87	33,11	63,42
	Mediana	74,38	130,89	12,06	236,70	616,05
	LI	68,96	107,21	10,73	224,33	565,37
	LS	80,54	141,55	14,32	252,79	676,99
Mamadeira	Média	79,25	109,65b	10,60b	253,95	550,86b
	DP	8,17	22,03	2,14	22,75	74,95
	Mediana	79,15	108,08	11,24	250,11	549,37
	LI	72,83	98,96	8,59	239,56	504,97
	LS	83,15	125,45	12,18	269,18	589,50
Balde	Média	77,45	110,12b	10,35b	247,75	589,99a
	DP	7,61	21,95	2,38	32,94	75,68
	Mediana	77,85	108,14	10,56	243,12	600,98
	LI	73,13	91,58	8,28	225,85	546,25
	LS	82,58	125,86	12,20	268,56	632,10
<i>Nível de "p"</i>		0,0523	0,0108	0,0037	0,2177	0,0015

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%,

DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior.

Observou-se que bezerros que eram alimentados com menos de 2 litros de leite por dia apresentaram maiores concentrações séricas de Cr. Porém os mesmo animais apresentaram as menores concentrações séricas de Mo. Não houve diferença para as concentrações séricas dos demais oligoelementos com relação a quantidade de leite ofertada diariamente (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes ingerindo menos que 2 L de leite (n=22), de 2 a 4 litros (n=61) e de 4 a 6 litros (n=38), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Quantidade de leite		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
< 2 litros	Média	0,585	3,802	0,634	0,017b	0,004	0,740a	0,003	4,596	0,231	0,045
	DP	0,143	0,434	0,145	0,011	0,003	0,054	0,001	0,200	0,020	0,040
	Mediana	0,586	3,811	0,636	0,015	0,003	0,727	0,003	4,585	0,233	0,046
	LI	0,455	3,462	0,542	0,011	0,002	0,709	0,003	4,445	0,209	0,009
	LS	0,677	4,107	0,735	0,029	0,007	0,748	0,004	4,740	0,247	0,074
2 a 4 litros	Média	0,519	3,444	0,468	0,031a	0,005	0,631b	0,005	4,119	0,220	0,055
	DP	0,124	0,928	0,268	0,021	0,004	0,114	0,003	0,677	0,023	0,038
	Mediana	0,495	3,244	0,548	0,027	0,004	0,681	0,004	4,287	0,218	0,0475
	LI	0,414	2,697	0,244	0,015	0,002	0,524	0,002	3,533	0,202	0,028
	LS	0,611	3,995	0,679	0,042	0,007	0,740	0,007	4,584	0,236	0,078
4 a 6 litros	Média	0,518	3,509	0,505	0,025ab	0,008	0,641b	0,005	4,209	0,225	0,047
	DP	0,129	0,724	0,330	0,012	0,005	0,118	0,004	0,609	0,018	0,025
	Mediana	0,493	3,522	0,449	0,024	0,007	0,656	0,004	4,372	0,222	0,039
	LI	0,440	3,003	0,234	0,016	0,003	0,502	0,003	3,527	0,215	0,030
	LS	0,560	3,856	0,752	0,030	0,011	0,737	0,007	4,601	0,241	0,064
<i>Nível de "p"</i>		0,2366	0,3890	0,1922	0,0439	0,1041	0,0095	0,5373	0,0561	0,2649	0,6430

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Observou-se que bezerros que eram alimentados com menos de 2 litros de leite por dia apresentaram maiores concentrações séricas de P e Mg. Enquanto as menores concentrações séricas de Ca e K foram observadas nos animais que recebiam entre 4 a 6 litros de leite por dia. Não houve diferença para as concentrações séricas de S com relação a quantidade de leite ofertada diariamente (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes ingerindo menos que 2 L de leite (n=22), de 2 a 4 litros (n=61) e de 4 a 6 litros (n=38), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Quantidade de leite		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
< 2 litros	Média	72,57b	133,52a	13,88a	238,47b	616,99
	DP	5,40	20,31	4,18	23,41	54,62
	Mediana	71,72	136,55	13,21	236,06	623,49
	LI	68,55	116,35	10,14	219,85	585,02
	LS	76,78	146,21	16,92	245,86	661,07
2 a 4 litros	Média	75,85b	106,78b	10,35b	240,48b	569,42
	DP	8,35	23,94	2,44	27,00	85,43
	Mediana	75,91	104,32	10,68	240,98	562,39
	LI	71,28	87,36	8,28	226,52	513,16
	LS	81,95	125,17	12,16	251,65	611,40
4 a 6 litros	Média	81,47a	115,89b	10,77b	264,62a	587,48
	DP	6,81	16,32	2,16	29,85	65,94
	Mediana	80,78	115,29	11,17	265,25	591,12
	LI	76,70	103,43	8,75	243,03	550,51
	LS	86,46	127,62	12,26	281,02	629,77
<i>Nível de "p"</i>		0,0002	0,0004	0,0002	0,0001	0,1198

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros do sexo feminino apresentaram maiores concentrações séricas de Mo. Enquanto as maiores concentrações séricas de Cr foram observadas nos machos. Não houve diferença para as concentrações séricas para os demais oligoelementos com relação ao sexo (Tabela 12).

Tabela 12 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes fêmeas (n=87) e machos (n=25), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Sexo		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
Fêmeas	Média	0,537	3,464	0,476	0,029a	0,006	0,635b	0,005	4,154	0,222	0,052
	DP	0,123	0,851	0,291	0,019	0,005	0,113	0,004	0,644	0,022	0,036
	Mediana	0,533	3,396	0,466	0,026	0,004	0,679	0,005	4,307	0,220	0,046
	LI	0,437	2,711	0,244	0,015	0,002	0,523	0,003	3,533	0,206	0,021
	LS	0,622	3,981	0,681	0,041	0,010	0,731	0,007	4,601	0,239	0,074
Machos	Média	0,491	3,636	0,583	0,021b	0,005	0,684a	0,004	4,369	0,227	0,048
	DP	0,140	0,696	0,246	0,013	0,002	0,112	0,004	0,552	0,017	0,032
	Mediana	0,481	3,541	0,637	0,018	0,006	0,712	0,003	4,500	0,225	0,046
	LI	0,417	3,335	0,462	0,012	0,003	0,635	0,001	4,125	0,216	0,033
	LS	0,527	4,040	0,718	0,030	0,007	0,755	0,004	4,679	0,242	0,064
<i>Nível de "p"</i>		0,1164	0,2824	0,0711	0,0406	0,5152	0,0168	0,3379	0,0639	0,2605	0,7416

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Não houve diferença para as concentrações séricas de macrominerais com relação ao sexo dos bezerros (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes fêmeas (n=87) e machos (n=25), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Sexo		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
Fêmeas	Média	77,40	111,80	10,68	246,88	579,27
	DP	7,99	23,56	2,74	26,92	78,49
	Mediana	77,42	108,77	10,66	243,03	578,38
	LI	71,69	92,51	8,28	232,04	521,28
	LS	81,98	128,77	12,35	261,02	629,77
Machos	Média	77,70	117,47	11,62	254,74	587,16
	DP	8,71	19,44	2,82	37,86	72,72
	Mediana	77,47	121,11	11,98	257,33	593,28
	LI	73,61	104,44	10,61	227,48	538,94
	LS	82,94	132,39	12,42	275,28	621,57
<i>Nível de "p"</i>		0,8700	0,1703	0,1046	0,2252	0,6396

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros mestiços Holandês-Zebu apresentaram maiores concentrações séricas de Fe, Zn, Cr e Al. Não houve diferença para as concentrações séricas de Cu, Mo, Co, Cd, Ni e Pb com relação a raça (Tabela 14).

Tabela 14 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes Holandês (n=15) e Mestiços Holandês-Zebu (n=97), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Raça		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
Holandês	Média	0,538	2,685b	0,192b	0,029	0,007	0,484b	0,006	3,376b	0,216	0,002
	DP	0,156	0,487	0,127	0,010	0,006	0,027	0,003	0,172	0,016	0,000
	Mediana	0,558	2,596	0,186	0,027	0,004	0,487	0,006	3,360	0,216	0,002
	LI	0,440	2,396	0,082	0,023	0,004	0,462	0,003	3,286	0,205	0,002
	LS	0,680	2,731	0,273	0,037	0,010	0,501	0,008	3,481	0,226	0,002
Mestiços Holandês-Zebu	Média	0,525	3,629a	0,544a	0,027	0,006	0,671a	0,005	4,330a	0,224	0,052
	DP	0,124	0,788	0,273	0,019	0,004	0,101	0,004	0,575	0,021	0,035
	Mediana	0,501	3,530	0,594	0,024	0,004	0,708	0,004	4,409	0,222	0,046
	LI	0,426	3,120	0,349	0,013	0,003	0,604	0,002	4,009	0,209	0,025
	LS	0,601	4,088	0,729	0,036	0,008	0,746	0,007	4,633	0,241	0,070
<i>Nível de "p"</i>		0,4317	<,0001	<,0001	0,9708	0,6757	<,0001	0,2762	<,0001	0,3220	0,1561

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros mestiços Holandês-Zebu apresentaram maiores concentrações séricas de Ca, P, Mg e K. Não houve diferença para as concentrações séricas de S com relação a raça (Tabela 15).

Tabela 15 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes Holandês (n=15) e Mestiços Holandês-Zebu (n=97), nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Raça		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
Holandês	Média	73,31b	94,24b	8,29b	228,98b	598,16
	DP	9,38	11,04	2,58	29,84	55,78
	Mediana	73,27	92,09	7,99	232,42	604,58
	LI	69,66	86,91	7,24	216,77	557,81
	LS	81,24	102,32	8,37	241,50	648,90
Mestiços Holandês-Zebu	Média	78,11a	115,97a	11,29a	251,68a	578,38
	DP	7,76	22,72	2,58	28,64	79,66
	Mediana	77,73	121,11	11,68	246,96	578,38
	LI	73,00	102,35	9,58	233,81	520,42
	LS	82,64	130,98	12,47	268,98	628,82
<i>Nível de "p"</i>		0,0359	0,0003	0,0001	0,0174	0,1307

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros com idade de 1 a 15 dias apresentaram maiores concentrações séricas de Mo. Enquanto os animais com 16 a 30 dias de vida apresentaram maiores concentrações séricas de Fe, Zn, Cr, Al e Ni. Não houve diferença para as concentrações séricas de Cu, Co, Cd e Pb com relação a idade (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores médios de metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes com 1 a 15 dias (n=43) e 16 a 30 dias (n=69) de idade, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Idade		Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L)									
		Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb
1 a 15 dias	Média	0,536	3,206b	0,371b	0,035a	0,006	0,604b	0,005	4,003b	0,218b	0,050
	DP	0,153	0,848	0,267	0,022	0,004	0,103	0,003	0,719	0,022	0,031
	Mediana	0,509	3,003	0,333	0,031	0,005	0,572	0,005	3,835	0,220	0,049
	LI	0,406	2,640	0,124	0,020	0,003	0,520	0,003	3,451	0,202	0,038
	LS	0,644	3,615	0,628	0,045	0,008	0,704	0,007	4,338	0,227	0,062
16 a 30 dias	Média	0,521	3,687a	0,571a	0,021b	0,006	0,673a	0,005	4,326a	0,226a	0,051
	DP	0,110	0,749	0,269	0,011	0,005	0,113	0,004	0,535	0,019	0,037
	Mediana	0,505	3,700	0,608	0,019	0,004	0,710	0,004	4,487	0,222	0,043
	LI	0,440	3,244	0,372	0,012	0,002	0,635	0,002	4,173	0,209	0,021
	LS	0,591	4,088	0,740	0,029	0,008	0,746	0,007	4,661	0,242	0,073
<i>Nível de "p"</i>		0,5542	0,0058	0,0015	0,0001	0,3265	0,0031	0,5433	0,0095	0,0449	0,8399

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Bezerros com idade de 16 a 30 dias apresentaram maiores concentrações séricas de P e Mg. Não houve diferença para as concentrações séricas de Ca, K e S com relação a idade (Tabela 17).

Tabela 17 - Valores médios de macrominerais em soro de bezerros lactentes com 1 a 15 dias (n=43) e 16 a 30 dias (n=69) de idade, nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Idade		Macrominerais (mg/L)				
		Ca	P	Mg	K	S
1 a 15 dias	Média	79,16	98,80b	10,05b	249,84	565,38
	DP	9,47	19,26	2,57	27,66	92,61
	Mediana	80,52	2,94	0,39	246,96	550,51
	LI	71,34	101,24	9,56	233,98	504,34
	LS	83,85	62,01	4,93	262,59	648,90
16 a 30 dias	Média	76,41	121,95a	11,41a	247,89	590,78
	DP	7,01	20,16	2,78	31,08	64,24
	Mediana	76,32	2,43	11,77	243,03	591,33
	LI	72,72	124,38	9,73	226,52	548,23
	LS	81,03	77,73	12,47	268,69	624,99
<i>Nível de "p"</i>		0,1110	<,0001	0,0193	0,9411	0,2066

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a um nível de significância de 5%, DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior

Devido a falta de padronização dos valores médios de concentração dos minerais encontrados nos trabalhos publicados, compilou-se os resultados encontrados no presente estudo em diferentes conversões de unidades de medidas para metais traços essenciais e tóxicos (Tabela 18) e Macrominerais (Tabela 19).

Tabela 18 – Valores médios gerais das medidas de tendência central dos metais traços essenciais e tóxicos em soro de bezerros lactentes criados na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Medidas de Tendência central	Metais traços essenciais e tóxicos (mg/L ou µg/mL)										
	Cu	Fe	Zn	Mo	Co	Cr	Cd	Al	Ni	Pb	
Média	0,530	3,500	0,500	0,006	0,027	0,650	0,005	4,200	0,223	0,051	
DP	0,130	0,820	0,280	0,005	0,018	0,110	0,004	0,630	0,021	0,035	
Mediana	0,510	3,470	0,540	0,004	0,025	0,690	0,004	4,370	0,221	0,046	
LI	0,270	1,910	0,000	0,001	0,001	0,430	0,000	3,100	0,181	0,000	
LS	0,930	6,220	1,390	0,019	0,105	0,900	0,021	7,360	0,283	0,138	
Metais traços essenciais e tóxicos (mg/dL)											
Média	0,053	0,350	0,050	0,0006	0,003	0,065	0,001	0,420	0,022	0,005	
DP	0,013	0,082	0,028	0,0005	0,002	0,011	0,000	0,063	0,002	0,004	
Mediana	0,051	0,347	0,054	0,0004	0,003	0,069	0,000	0,437	0,022	0,005	
LI	0,027	0,191	0,000	0,0001	0,000	0,043	0,000	0,310	0,018	0,000	
LS	0,093	0,622	0,139	0,0019	0,011	0,090	0,002	0,736	0,028	0,014	
Metais traços essenciais e tóxicos (µmol/L)											
Média	8,281	62,500	7,645	0,063	0,458	12,500	0,045	155,556	3,780	0,246	
DP	2,031	14,643	4,281	0,052	0,305	2,115	0,036	23,333	0,356	0,169	
Mediana	7,969	61,964	8,257	0,042	0,424	13,269	0,036	161,852	3,746	0,222	
LI	4,219	34,107	0,000	0,010	0,017	8,269	0,000	114,815	3,068	0,000	
LS	14,531	111,071	21,254	0,198	1,780	17,308	0,188	272,593	4,797	0,667	
Metais traços essenciais e tóxicos (µg/dL)											
Média	52,747	349,162	49,969	0,600	2,697	64,996	0,502	419,222	22,190	1,056	
DP	12,938	81,804	27,983	0,500	1,798	10,999	0,401	62,883	2,090	0,725	
Mediana	50,756	346,169	53,967	0,400	2,497	68,996	0,401	436,191	21,991	0,952	
LI	26,871	190,543	0,000	0,100	0,100	42,997	0,000	309,426	18,011	0,000	
LS	92,556	620,511	138,914	1,899	10,488	89,994	2,108	734,637	28,161	2,857	
DP	–	Desvio	Padrão,	LI	–	Limite	Inferior;	LS	–	Limite	Superior

Tabela 19 - Valores médios gerais das medidas de tendência central dos macrominerais em soro de bezerros lactentes criados na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Medidas de Tendência Central	Macrominerais (mg/L)				
	Ca	P	Mg	K	S
Média	77,47	113,06	10,89	248,64	581,03
DP	8,11	22,74	2,77	29,70	76,99
Mediana	77,45	112,62	11,08	243,73	582,13
LI	48,97	62,01	3,98	155,87	405,50
LS	102,22	166,17	21,20	333,33	769,71

Medidas de Tendência Central	Macrominerais (mg/dL)				
	Ca	P	Mg	K	S
Média	7,747	11,306	1,089	24,864	58,103
DP	0,811	2,274	0,277	2,97	7,699
Mediana	7,745	11,262	1,108	24,373	58,213
LI	4,897	6,201	0,398	15,587	40,55
LS	10,222	16,617	2,12	33,333	76,971

DP – Desvio Padrão, LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior. Converter Ca de mg/dL para mmol (x 0,2495); P (x 0,3223); Mg (x 0,4114) e K (x 3,91)

CORRELAÇÃO

Correlação baixa e positiva foi observado entre a concentração sérica de Ca com P ($r=0,29$; $P=0,0200$), com Mg ($r=0,28$; $P=0,0029$) e com o S ($r=0,24$; $P=0,1240$), porém moderadamente positiva com K ($r=0,57$; $P<0,0001$). Observa-se que existe aumento linear da concentração sérica de Ca com o P, Mg, K e S (Figuras 3 e 4).

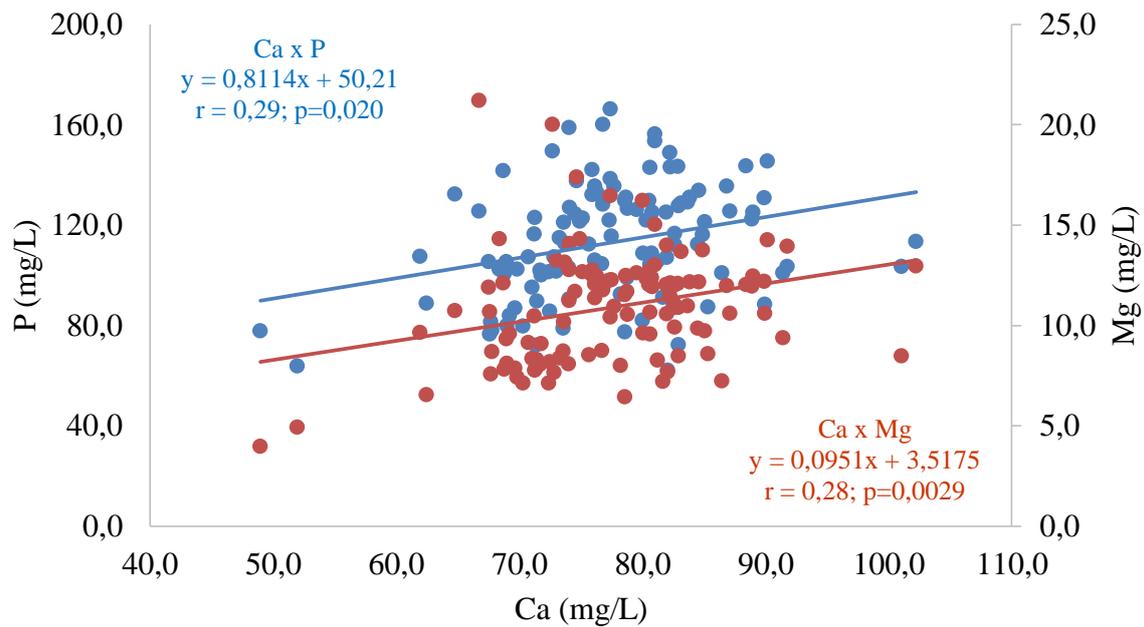


Figura 3 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Ca x P e entre Ca x Mg em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

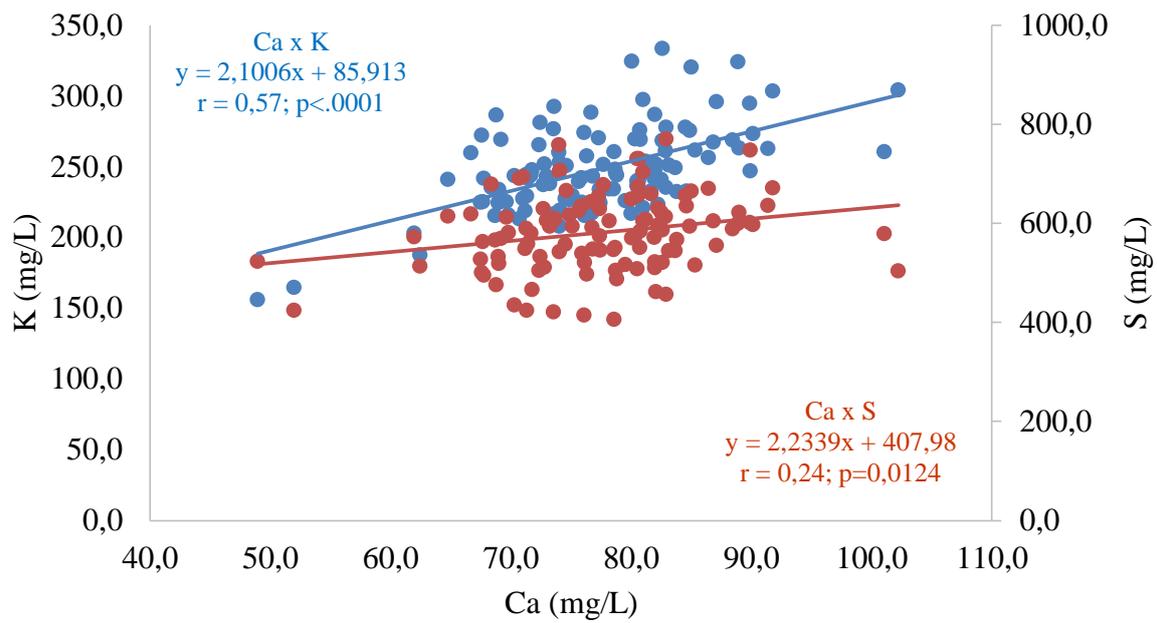


Figura 4 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Ca x K e entre Ca x S em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Correlação moderadamente positiva foi observado entre a concentração sérica de P com S ($r=0,40$; $P<0,0001$), com Mg ($r=0,60$; $P<0,0001$) e com o Fe ($r=0,55$; $P<0,0001$), porém fortemente positiva com Al ($r=0,63$; $P<0,0001$), Zn ($r=0,69$; $P<0,0001$) e Cr ($r=0,71$; $P<0,0001$). Moderada correlação negativa foi observada com o Mo ($r= - 0,46$; $P<0,0001$). Observa-se que existe aumento linear da concentração sérica de P com o S, Mg, Fe, Al, Zn e Cr, e diminuição linear com o Mo (Figuras 5 e 6).

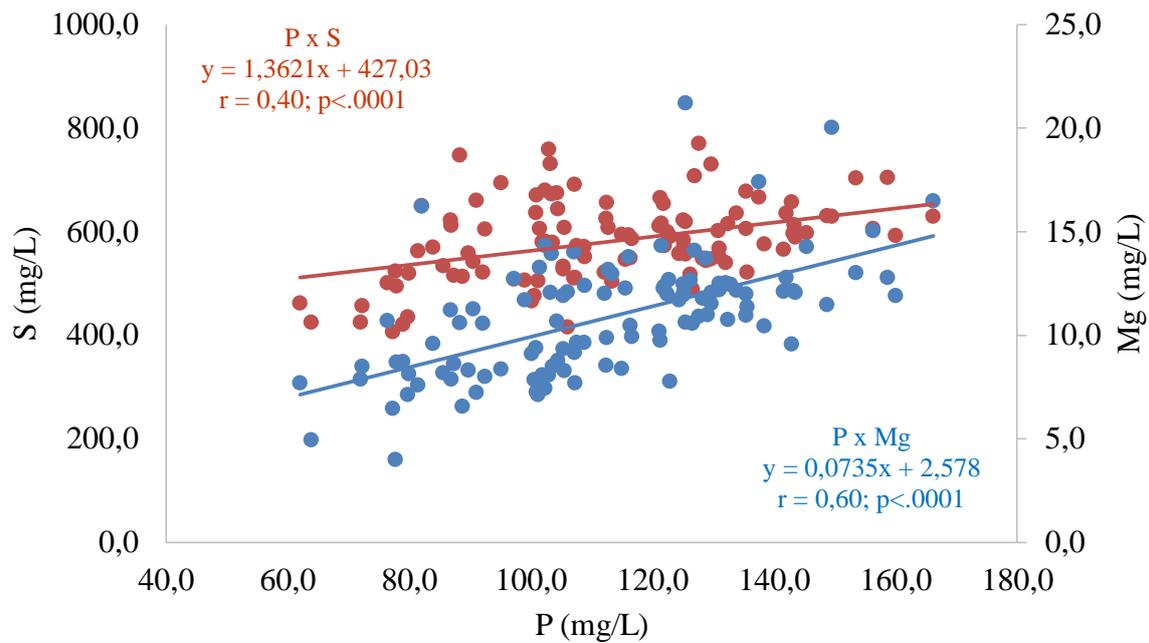


Figura 5 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Ca x K e entre Ca x S em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

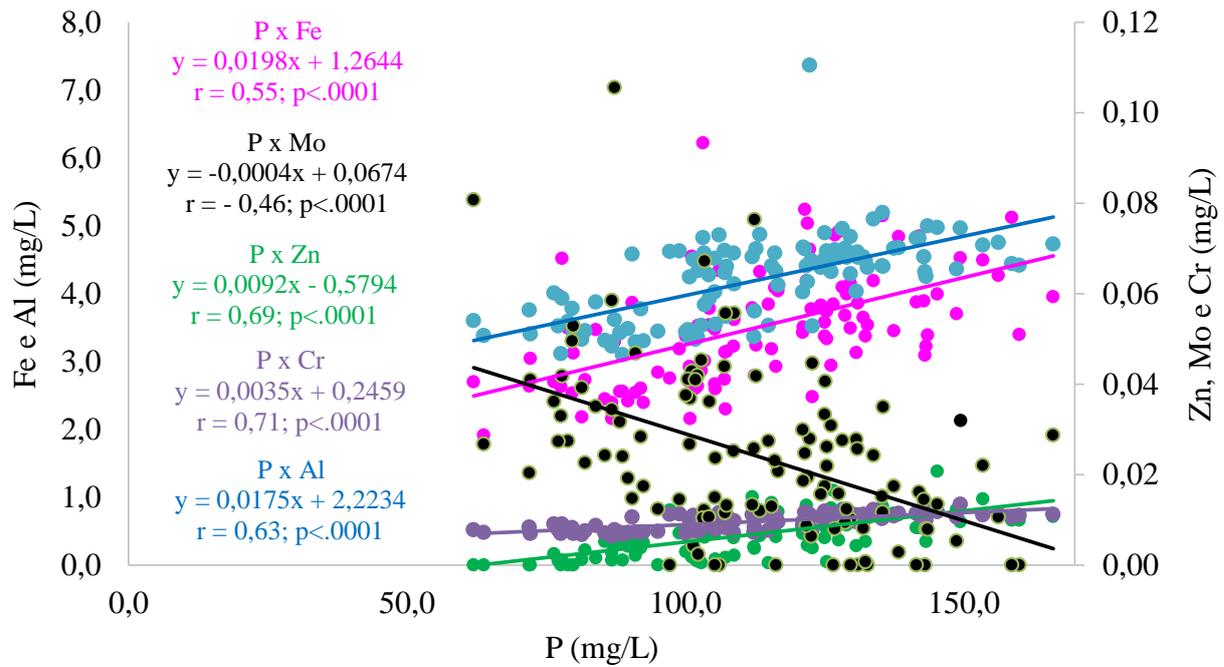


Figura 6 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre P com Fe, Zn, Mo, Cr e Al em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Correlação moderadamente positiva foi observado entre a concentração sérica de Mg com Fe ($r=0,45$; $P<0,0001$), porém fortemente positiva com Al ($r=0,65$; $P<0,0001$), Zn ($r=0,61$; $P<0,0001$) e Cr ($r=0,73$; $P<0,0001$). Moderada correlação negativa foi observada com o Mo ($r= - 0,38$; $P=0,0003$). Observa-se que existe aumento linear da concentração sérica de Mg com o Fe, Al, Zn e Cr, e diminuição linear com o Mo (Figura 7).

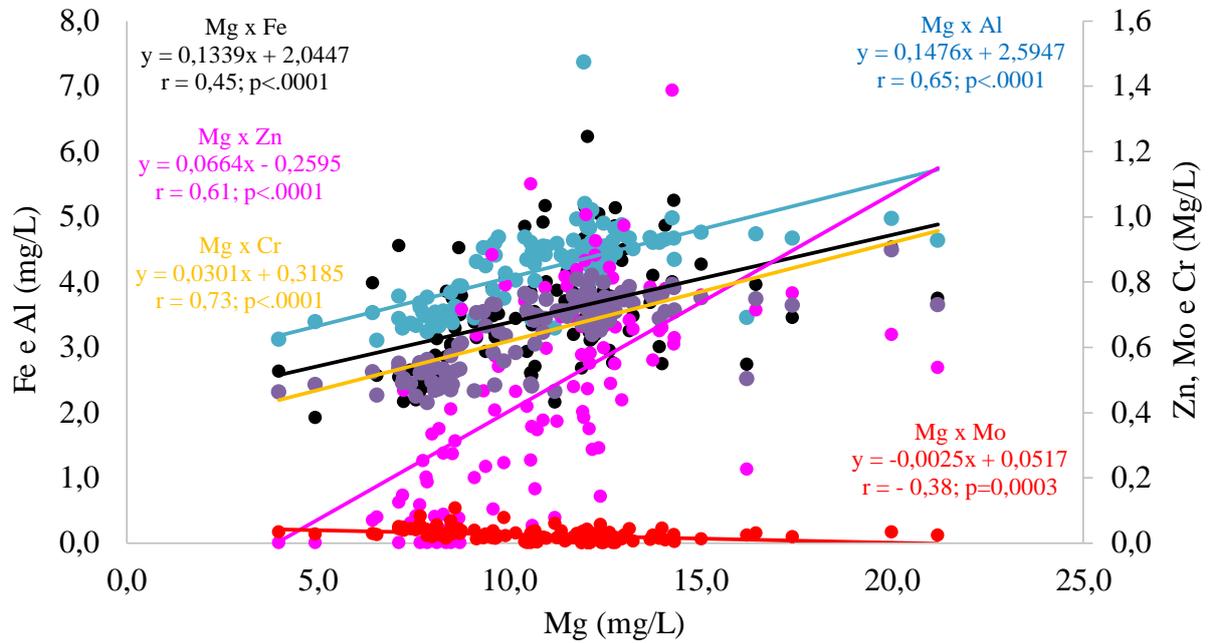


Figura 7 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Mg com Fe, Zn, Mo, Cr e Al em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Correlação moderadamente positiva foi observado entre a concentração sérica de Fe com Zn ($r=0,42$; $P<0,0001$) e Ni ($r=0,28$; $P=0,0016$), porém fortemente positiva com Al ($r=0,62$; $P<0,0001$) e Cr ($r=0,62$; $P<0,0001$). Moderada correlação negativa foi observada com o Mo ($r= - 0,40$; $P<0,0001$). Observa-se que existe aumento linear da concentração sérica de Fe com o Zn, Al, Cr e Ni, e diminuição linear com o Mo (Figura 8).

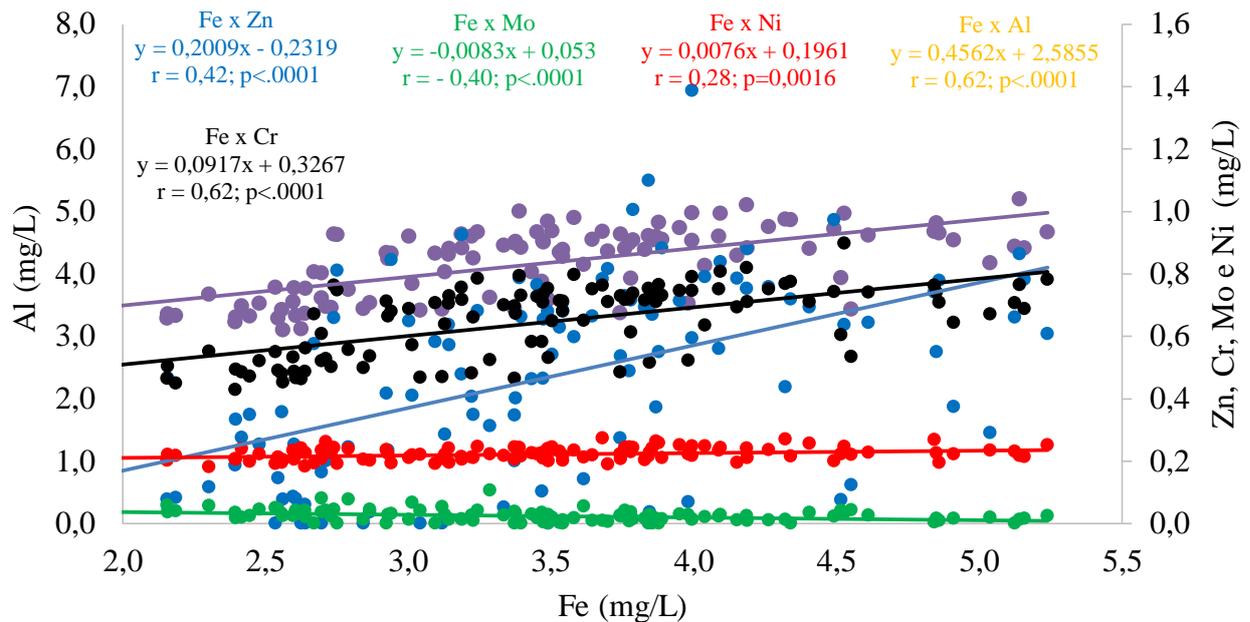


Figura 8 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Fe com Zn, Mo, Cr, Ne e Al em bezerras lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Correlação fortemente positiva foi observado entre a concentração sérica de Zn com Al ($r=0,62$; $P<0,0001$) e Cr ($r=0,75$; $P<0,0001$). Moderada correlação negativa foi observada com o Mo ($r= - 0,50$; $P<0,0001$) e com o Cr ($r= - 0,40$; $P=0,0071$). Observa-se que existe aumento linear da concentração sérica de Zn com Al e Cr, e diminuição linear com o Mo e Cr (Figura 9).

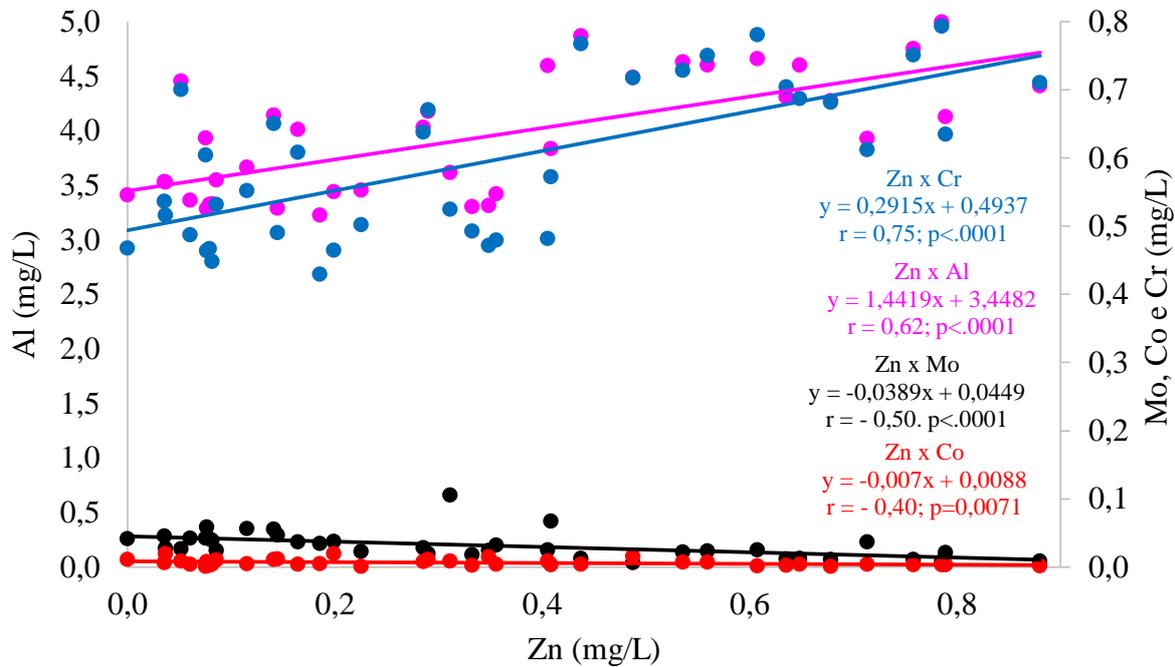


Figura 9 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Zn com Mo, Co, Cr e Al em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Correlação moderadamente negativa foi observado entre a concentração sérica de Mo com Fe ($r = -0,40$; $P < 0,0001$), Al ($r = -0,44$; $P < 0,0001$), Zn ($r = -0,50$; $P < 0,0001$) e Cr ($r = -0,50$; $P < 0,0001$). Observa-se que existe diminuição linear da concentração sérica de Mo com Fe, Al, Zn e Cr (Figura 10).

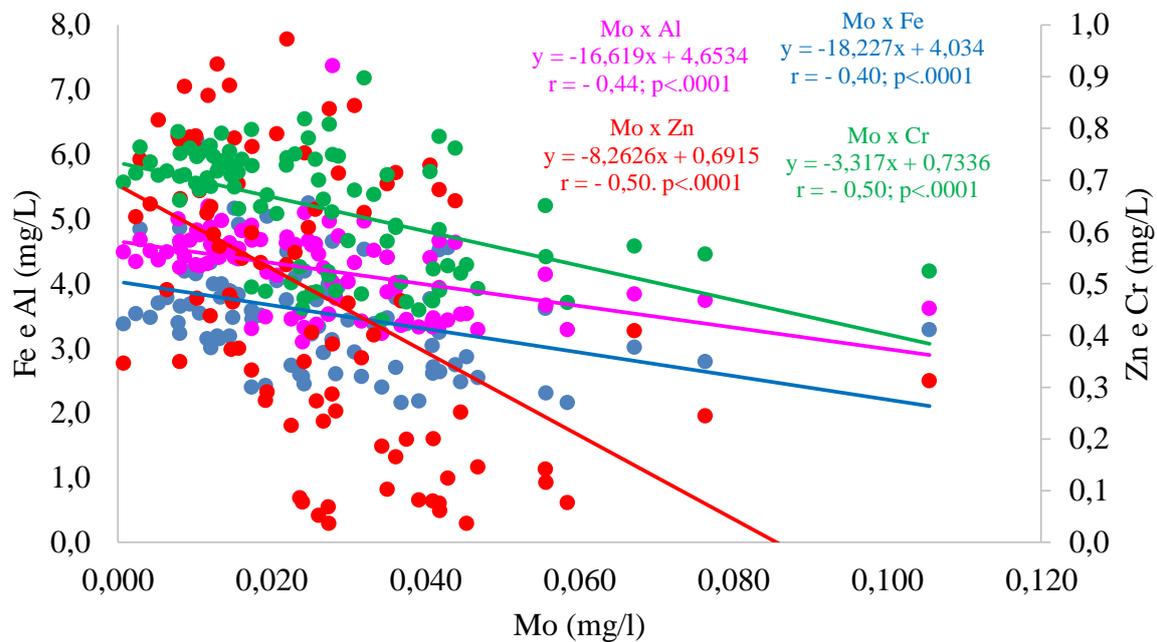


Figura 10 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Mo com Fe, Zn, Cr e Al em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

Correlação baixa e negativa foi observado entre a concentração sérica de Co com Al ($r = -0,27$; $P = 0,0437$), moderadamente negativa com o Cr ($r = -0,32$; $P = 0,0215$), e fortemente positiva com o Cd ($r = 0,61$; $P < 0,0001$). Observa-se que existe diminuição linear da concentração sérica de Co com Al e Cr e aumento linear com o Cd (Figura 11).

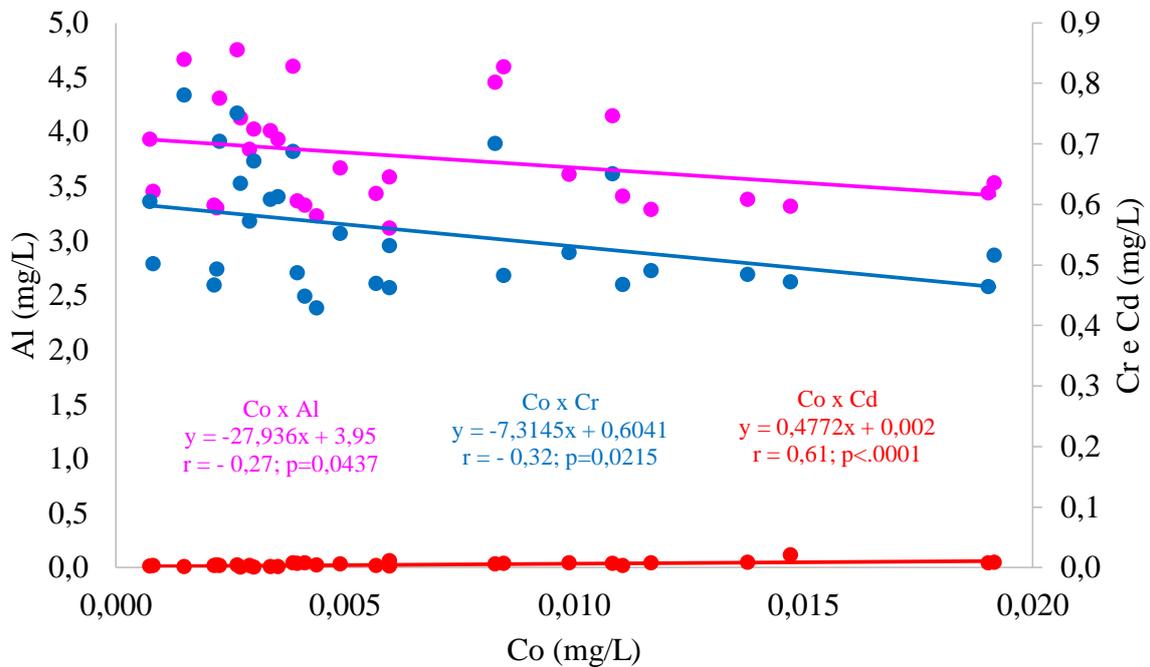


Figura 11 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Co com Cr, Cd e Al em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambucano, Brasil

Correlação fortemente positiva foi observado entre a concentração sérica de Cr com Al ($r= 0,87$; $P<0,0001$), moderadamente positiva com o Ni ($r= 0,31$; $P<0,0001$), e baixa e positiva com o Pb ($r=0,28$; $P=0,0298$). Observa-se que existe aumento linear da concentração sérica de Cr com Al, Ni e Pb (Figura 12).

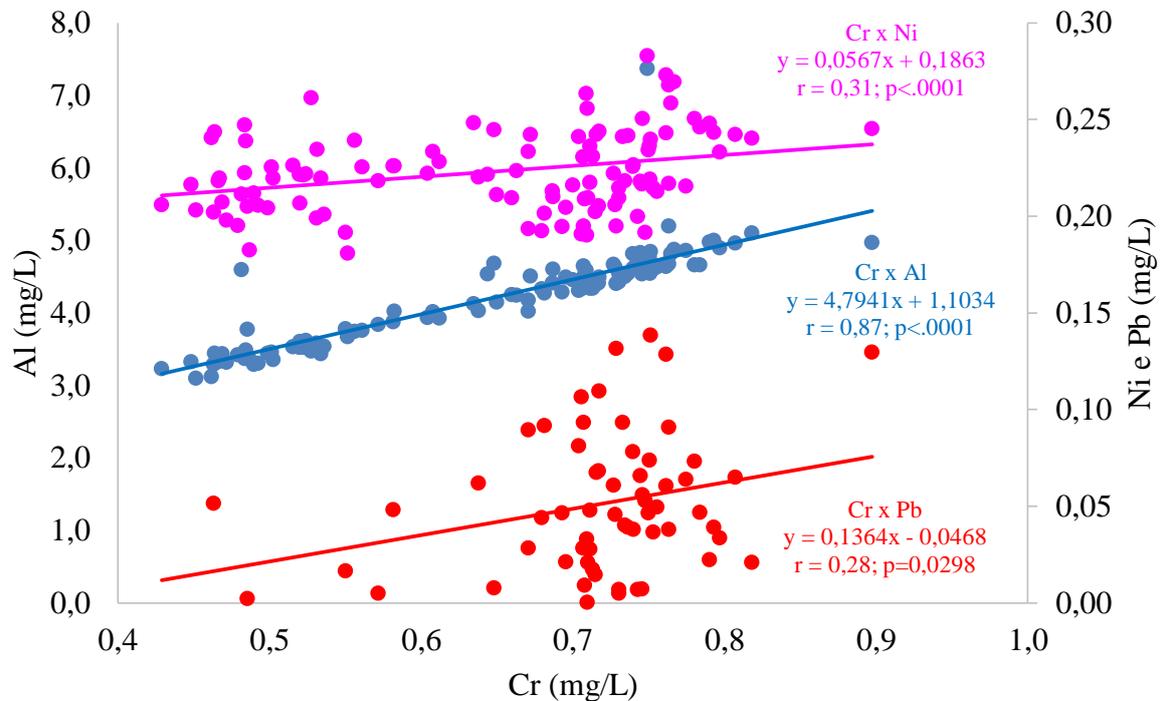


Figura 12 – Coeficiente de correlação, equação de regressão linear e respectivos níveis de significância da relação entre Cr com Al, Ni e Pb em bezerros lactantes nascidos na região Agreste do estado de Pernambuco, Brasil

6. DISCUSSÃO

Observou-se que os valores médios das concentrações séricas de Fe em função das variáveis estudadas no presente estudo, estão na faixa considerada tóxica para bovinos. Segundo Suttle (2010) valores séricos acima de 1,79 mg/L é considerado tóxico para a espécie e valores altos são atribuídos à contaminação do solo. Porém nos momentos da coleta das amostras não foi evidenciado qualquer alteração clínica que indicasse intoxicação por Fe. Ainda, sabe-se que bezerros lactentes podem suportar doses mais elevadas desse mineral (JENKINS e HIDIROGLOU, 1987). Provavelmente, devido a essa maior resistência os animais não tenham apresentado qualquer sinal clínico e aparentemente não houve interação negativa com outros oligoelementos, como o Cu e o P, por exemplo, já que estes se encontram dentro da faixa de normalidade para a espécie. Além disso, segundo McDowell (1999), o Fe está entre os menos tóxicos dos microelementos essenciais. Esses valores elevados na concentração do Fe podem estar relacionados a uma quantidade elevada desse elemento no solo. No trabalho realizado por Oliveira e Nascimento (2006), avaliando teores de Fe na maioria dos Solos de Referência de Pernambuco, incluindo a Região Agreste, verificou-se teores disponíveis desse elemento considerados de médio a alto.

A maioria dos alimentos para animais de fazenda contém altas, embora variáveis, concentrações de Fe, dependendo da espécie de planta, das condições de cultivo e do grau de contaminação do solo e outras fontes exógenas. Porém o leite de vaca apresenta baixas concentrações, tem em média cerca de 0,5 mg/Fe/kg de peso fresco (SUTTLE, 2010). Segundo trabalho realizado por Cheryl e Blakley (2014), bezerros de novilhas apresentam concentrações de Fe no fígado mais baixas do que bezerros de vacas mais velhas e a utilização de suplementação mineral com oligoelementos não demonstrou diferença significativa para concentração hepática de Fe nesses animais. O leite sozinho não é uma fonte suficiente de Fe, entretanto, bezerros deficientes podem se recuperar rapidamente se tiverem acesso a solo e forragem (CHERYL e BLAKLEY, 2014).

É importante notar também que, independente da região ou das práticas de manejo utilizadas nas propriedades, as concentrações séricas de Cd e Pb estão dentro da faixa de normalidade para bovinos, segundo recomenda Suttle (2010). Esse resultado mostra que não está havendo contaminação ou pelo menos não o suficiente por esses minerais no momento da coleta das amostras. Porém, segundo Pearl et al. (1983) a exposição natural ao excesso de metais tóxicos como o Pb costuma ser episódica em vez de contínua e, portanto,

monitoramento ao longo do tempo é importante, pois fontes de contaminação podem surgir. Além disso, o Pb é comumente considerado um veneno cumulativo (NRC, 2005) e o fato dos animais estudados serem ainda muito jovens, provavelmente dificulta a visualização desse efeito, principalmente com uma coleta pontual.

Bezerros jovens são particularmente vulneráveis a exposição ao Pb e o aumento desse metal no leite pode constituir um risco ao animal lactente, já que o Pb é bem absorvido através da ingestão desse alimento (MORRISON e QUARTERMAN, 1987). Fontes inorgânicas de Cd adicionadas ao leite também são relativamente bem absorvidas, porém o Cd não é transferido naturalmente através do leite da mãe (SUTTLE, 2010). Contudo, concentrações séricas normais ou elevadas de Ca, Fe, Zn e Cu dificultam a absorção do Cd (KOLLMER e BERG, 1989). Já absorção do Pb pode estar diminuída quando há quantidades adequadas ou aumentadas de Ca na dieta (SUTTLE, 2010). Portanto, como as concentrações séricas dos minerais antagonistas desses elementos tóxicos se encontravam em níveis adequados nos animais aqui estudados, isso também pode ter contribuído para menor absorção e conseqüentemente, concentrações séricas de Pb e Cd reduzidas.

Oliveira Filho (2020), avaliando concentrações de metais traços essenciais e tóxicos no leite de vacas criadas em 14 fazendas da região do Agreste Meridional de Pernambuco, encontrou concentrações médias de Pb e Cd de 0,0431 e 0,0069 mg/L, respectivamente. Essas concentrações estão dentro do limite segundo a Resolução - RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013 que estipula como as concentrações máximas em leite pronto para beber e produtos lácteos sem adição, diluição ou concentração, para Pb e Cd, respectivamente, de 0,02 e 0,05 mg/kg.

O Al constitui de 3 a 6% da maioria dos solos, estando amplamente presente nos solos em complexos siliciosos insolúveis. A principal fonte de exposição ao Al para gado em pastejo são as pastagens contaminadas com solo. Altas concentrações nas partículas mais finas do solo garantem que o Al, como o Si, seja um contaminante onipresente no ambiente da fazenda. O Cr, assim como o Fe e o Zn é muito mais abundante nos solos do que nas lavouras (BREBNER, 1987; SUTTLE, 2010). Portanto, maiores concentrações desses minerais no soro dos animais podem está atribuída a presença deles no solo. Ainda, Nesar et al. (2000), observaram que a geofagia ocorre em bezerros recém-nascidos quando o solo é oferecido.

Diante disso, podemos inferir que as maiores concentrações séricas de Fe, Zn, Cr e Al observadas nos bezerros criados na Microrregião do Brejo Pernambucano é devido ao maior contato e, provavelmente, maior ingestão de partículas do solo em comparação aos animais das outras regiões, uma vez que esses animais eram provenientes de uma única

propriedade, eram criados em bezerreiro e tinham contato direto com o solo. Isso também pode explicar a maior concentração sérica desses mesmos minerais encontradas em bezerros criados em bezerreiros em relação aos criados em baias individuais. Bem como as maiores concentrações séricas de Cr e Al observadas em bezerros que mamavam diretamente na vaca em comparação àqueles que eram alimentados por mamadeira e balde. Esses resultados podem indicar que práticas de manejo que favorecem o contato dos animais com o solo favorecem a ingestão de quantidades maiores de minerais.

Segundo López Alonso et al. (2002) bezerros podem ser bons biomonitores das concentrações de metais e semimetais no solo e isso pode oferecer vantagens consideráveis sobre a amostragem direta de solo, particularmente quando dados para grandes áreas são necessários. É importante ressaltar que esses animais não eram mais lactentes e já consumiam pasto. No entanto, esse trabalho demonstra a importância do solo sobre a concentração de metais nos tecidos animais.

A maior concentração de micro e macrominerais encontrada no soro de bezerros criados em propriedades próximas a rodovias pode está associada a maior deposição desses minerais nos solos dessas regiões. Segundo, Marcolino (2014) e Oliveira Filho (2020) avaliando concentração de oligoelementos essenciais e tóxicos em leite cru de vacas criadas em propriedades localizadas em municípios do Agreste Meridional do Estado de Pernambuco, determinaram que a proximidade de rodovias era o principal fator de risco para a elevação da concentração de Pb e Cd nesse alimento. Porém, no presente estudo não houve diferença sobre a concentração sérica de Pb e Cd em bezerros lactentes criados em microrregiões do Agreste Pernambucano com relação a proximidade ou não de rodovias.

As pastagens frequentemente têm sua contaminação por metais pesados decorrente da deposição atmosférica, proveniente de fundições, de indústrias diversas e do ambiente urbano (HAMMOND e ARONSON, 1964). No Brasil o uso de Pb tetraetila na gasolina é proibido pela Lei 2.389 / 99 (MINC, 2004). Saciloto et al. (2014) e Almeida et al. (2014) determinaram níveis de Zn, Cu, Hg e Pb em diferentes amostras de etanol comercializadas em postos de gasolina no Brasil. A presença desses metais nos combustíveis podem facilitar a sua deposição no ambiente próximo às rodovias.

No presente trabalho, verificou-se que os bezerros que consumiram maiores quantidades diárias de leite apresentaram maior concentração sérica de Ca, possivelmente por esse ser o mineral mais abundante na composição do leite bovino. Consequentemente, quanto maior a ingestão de leite, maior concentração desse mineral. Além de proteína, gordura, carboidrato e vitaminas, o leite tem em sua composição macro e microminerais. Em 100g de

leite bovino encontra-se aproximadamente 119 mg de Ca; 93 mg de P; 13 mg de Mg; 0,05 mg de Fe e 0,38 mg de Zn (MORZELLE, 2016).

Não houve diferença com relação ao sexo para maiores concentrações de Mo do soro das fêmeas e maiores de Cr no soro dos machos. Porém, pouco se sabe sobre a influência do sexo nas concentrações de minerais em bovinos e as informações encontradas na literatura podem ser conflitantes. No trabalho realizado por Puschner et al. (2004), as concentrações de Zn no fígado e músculo em bezerros não apresentam diferenças em animais fêmeas e machos. Miranda et al. (2005), avaliando concentração de Cu, Zn, Fe e Mn em diferentes tecidos de bovinos na região da Asturias (Espanha), verificaram que as concentrações de Fe e Mn foram maiores em fêmeas que em machos para todas as amostras de fígado analisadas, porém não houve diferença nas amostras de rim. Já Miranda et al. (2006), avaliando concentração de Cu em amostras de fígado e sangue de bezerros na região noroeste da Espanha, evidenciaram que o sexo foi um fator significativo que afetou o acúmulo de Cu no fígado. A concentração hepática média de Cu nos machos (63,8 mg/kg) foi 19% maior do que nas fêmeas (53,5 mg/kg). No entanto não foi observada diferença entre as concentrações de Cu com relação ao sexo. Segundo esses mesmos autores, as diferenças entre esses estudos podem ser atribuídas à influência de outros fatores, como o nível de exposição a certos metais, a idade dos animais (jovens ou adultos) ou mesmo a época do ano em que as coletas foram realizadas.

Provavelmente, as maiores concentrações séricas de macro e microminerais apresentadas pelos bezerros mestiços Holandês-Zebu é devido ao fato destes ingerirem leite mais rico nesse elementos, provenientes de raças mestiças e com menor volume de produção que as da raça Holandesa. Pales (2005) verificaram que quanto maior a quantidade de leite que uma vaca produz, menor será a porcentagem de gordura, proteínas e minerais, devido ao efeito de diluição em virtude do maior volume produzido. Cabral et al. (2016), avaliando a composição físico-química do leite de vacas mestiças concluíram que o aumento do volume de leite produzido resulta em conseqüente redução da concentração dos componentes sólidos.

A absorção e o metabolismo de micronutrientes no bezerro mudam drasticamente no nascimento e durante as primeiras semanas de vida. Os bezerros com idade acima dos 15 dias provavelmente apresentaram maiores concentrações séricas dos minerais por estarem em uma fase que começam a consumir maior quantidade de alimento sólido, como concentrado e feno. Segundo Appleby et al. (2001), a ingestão inicial da ração na dieta é insignificante antes dos 21 dias. Além disso, o leite bovino é pobre em oligoelementos, o que faz com que animais que se alimentam exclusivamente dele apresentem menores concentrações séricas se comparados àqueles que já ingerem alimentos sólidos.

Em um estudo realizado por Cheryl e Blakley (2014), em propriedades localizadas no oeste do Canadá, avaliou concentrações de oligoelementos e vitaminas no fígado de bezerros de corte que morreram até os três primeiros meses de vida. Os autores dividiram os grupos nas seguintes idades: aborto e/ou natimorto (bezerro a termo \geq oito meses de gestação que morreu em ou dentro de uma hora após o nascimento); mortalidade neonatal (bezerros que estavam vivos com uma hora de idade e morreram antes do final do terceiro dia de vida); mortalidade pós-natal (bezerros que nasceram vivos e morreram entre o início do quarto dia de vida e os três meses).

Os resultados encontrados foram que as concentrações de todos os micronutrientes examinados no presente estudo, exceto Zn, foram diferentes entre as categorias de idade. Isso incluía Se, Cu, Mn, Mo, Fe, Mg, vitamina A e vitamina E do fígado. As concentrações de Se no fígado foram maiores em neonatos do que em abortos, natimortos ou perdas pós-natais. O Cu hepático também foi maior em natimortos do que em perdas pós-natais. O Mo hepático foi maior em bezerros que morreram após os três dias de idade do que em abortos, natimortos ou perdas neonatais. O Fe hepático foi menor em bezerros que morreram após os três dias de idade do que em abortos, natimortos ou perdas neonatais. O Mn e o Mg do fígado foram maiores em ambos os recém-nascidos e as perdas pós-natais do que em abortos ou natimortos. Os autores concluíram que é fundamental considerar a idade do bezerro, o potencial para ingestão de colostro e se a vaca depende de ração armazenada ou se tem grama verde disponível ao interpretar esses valores. A idade da vaca, o histórico de suplementação e a localização do rebanho foram associados à concentração de alguns dos micronutrientes examinados.

No entanto, no trabalho realizado por Puschner et al. (2004), observou-se que a idade deve ser considerada nas interpretações das concentrações de Zn no fígado de bezerros. Houve declínio na concentração de Zn em bezerros pré-desmamados, que subsequentemente diminuiu com a idade, podendo estar relacionado à maior capacidade de absorção do Zn antes do desmame. Assim, à medida que a capacidade de absorção diminuiu, a concentração de Zn também diminuiu.

No conjunto de análises derivadas da correlação entre os metais quantificados, importante considerar as correlações registradas do Mg com o Fe, Al, Zn e Cr, verifica-se que a presença deste metal no sangue seguiu linearmente as concentrações de outros metais importantes para a saúde animal. Foi observado que os valores se mantiveram normais e que não houve interferência com a concentração sérica de Mo, demonstrada pela fraca correlação negativa entre esses metais ($r = -0,38$). Deve-se lembrar de que a determinação da

concentração de Mg é importante nesse tipo de estudo porque existem casos em que a hipermagnesemia pode ocasionar variada interferência no metabolismo do Mo.

Altas concentrações de Fe podem ser encontradas nas pastagens ou na água ou pela ingestão de suplementos minerais contendo concentrações excessivas deste mineral. Além disso, a ingestão de solo pode ser responsável pela alta ingestão de Fe. A alta concentração de Fe nas pastagens tem sido associada à deficiência secundária de Cu (SILVA et al., 2019). Os resultados demonstram a importância de levar em consideração outros metais, que não apenas o Cu na interação que existe com o Fe, incluindo, nesta relação, os metais considerados como tóxicos como o Al e o Ni.

As necessidades de Mo em animais são muito baixas e os sinais de deficiência de Mo não são observados na prática e são relatados apenas quando os animais são alimentados com dietas purificadas em condições experimentais (NRC, 2005). No entanto, concentrações muito baixas de Mo na dieta de ruminantes podem levar ao acúmulo excessivo de Cu (SPEARS, 2003). No entanto, este não parece ser o caso aqui, já que não foi observada relação negativa com o Cu e, sim, com o Fe, Al, Zn e Cr. Muito pouco se sabe da relação do Mo com estes metais e estudos mais aprofundados podem esclarecer.

O Co foi correlacionado com dois metais considerados tóxicos e um considerado em transição, porém importantes no estudo de mineralogia em animais de produção. Importante considerar os fatores que estão envolvidos neste perfil, como a espécie, sexo, período sazonal, entre outros, para poder verificar se existe adequada ou reduzida mobilização dos minerais considerados essenciais para o funcionamento de diferentes vias metabólicas (GONÇALVES et al., 2019). Embora tenham sido encontrados os resultados que expressam um bom estado nutricional em relação ao Co, enfatiza-se a necessidade de averiguar o perfil em diferentes Pools, conforme preconiza Underwood e Suttle (1999), referenciando-se o homeostático e o funcional. Para o Co, recomenda-se, portanto, análise deste metal no soro, representando a homeostasia, além do ácido metilmalônico, como sendo um excelente indicador do status de Co no organismo, já que estes têm elevado grau de relação.

7. CONCLUSÕES

Bezerros lactentes criados nas microrregiões do Agreste Pernambucano apresentam altas concentrações séricas de Fe, porém não há evidências de sinais de intoxicação desse metal. Estes animais apresentam concentrações de Pb e Cd dentro da faixa de normalidade para a espécie.

Bezerros lactentes criados em propriedades próximas a rodovias nas microrregiões do Agreste Pernambucano apresentam maiores concentrações de Fe, Zn, Cr, Al, Ca, P e Mg.

A raça e a idade influenciam na concentração sérica de macro e microminerais em bezerros lactentes. No entanto, parece não haver informações suficientes para afirmar o mesmo quanto ao sexo.

Este estudo fornece dados inéditos sobre a concentração sérica de metais essenciais e tóxicos em bezerros lactentes criados na Região Agreste de Pernambuco, Brasil.

Contudo, devido às diferenças entre animais em relação às áreas geográficas, o manejo e as estratégias de alimentação de vacas leiteiras e respectivos bezerros, deve-se levar em consideração a necessidade de estabelecer faixa de referência, baseado nos diferentes fatores de variabilidade supracitados.

8. REFERÊNCIAS

ABDELMRAHMAN, M. M.; KINCAID, R. L. Effect of Selenium Supplementation of Cows on Maternal Transfer of Selenium to Fetal and Newborn Calves. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.625-630, 1995.

ALLEN, J. G.; MASTERS, H. G.; PEET, R. L.; MULLINS, K. R.; LEWIS, R. D.; SKIRROW, S. Z.; FRY, J. Zinc toxicity in ruminants. **Journal of Comparative Pathology**, v.93, p.363-377, 1983.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metal in soils**. Ed. Blackie Academic & Professional. New York, John Wiley & Sons, 1990. 1-39 p.

ALMEIDA, E. S.; RICHTER, E. M.; MUNOZ, R. A. A. On-site fuel electroanalysis: Determination of lead, copper and mercury in fuel bioethanol by anodic stripping voltammetry using screen-printed gold electrodes. **Analytica Chimica Acta**, v.837, p. 38-43, 2014.

AMMERMAN, C. B.; MILLER, S. M.; FICK, K. R.; HANSARD II, S. L. Contaminating elements in mineral supplements and their potential toxicity: a review. **Journal of Animal Science**, v. 44, p. 485-508, 1977.

ANTONELLI, A. C.; BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; MORI, C. S.; MINERVINO, A. H. H.; SCHALCH, U. M.; PACHECO, J. C. G.; ORTOLANI, E. L. Utilização de sal mineral rico em molibdênio na prevenção da intoxicação cúprica acumulativa em ovinos – microminerais hepáticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.3, p.629-635, 2016.

ANTONIOU, V.; TSOUKALI-PAPADOPOULOU, H.; EPIVATIANOS, P.; NATHANAEL, B. Cadmium concentrations in beef consumable in relation to age of animals and area of their breeding. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.43, p.915-919, 1989.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N° 42, de 29 de agosto de 2013.** Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042_29_08_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd>. Acesso em 08 jul. 2019.

APPLEBY, M. C.; WEARY, D. M.; CHUA, B. Performance and feeding behaviour of calves on ad libitum milk from artificial teats. **Applied Animal Behaviour Science**, v.74, p.191–201, 2001.

ARAÚJO, L.B. Influência dos municípios pernambucanos na poluição da bacia do rio Mundaú com esgoto doméstico. **Revista Especialize On-line IPOG**, v.1, n.7, p.1-13, 2014.

ARCHER, F. C.; HODGSON, J. H. Total and extractable trace element content of soils in England and Wales. **Journal of Soil Science**, v.38, p.421–431, 1987.

APAC, 2019. Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Meteorologia. Acumulados Mensais Anteriores.** Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/acum_mensal_old.php>. Acesso em 12 set. 2020.

BARBOSA, F.P.S.; ALMEIDA, V.M.; ALBUQUERQUE, R.F.; ROCHA, B.P.; SOARES, P.C.; SILVA FILHO, G.B.; CHAVES, H.A.; MENDONÇA, F.S. Phosphorus deficiency in goats in the semiarid region of Pernambuco, Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 1117-1124, 2018.

BDE, 2000. Base de Dados do Estado. Divisão Territorial. **Divisão Político-Administrativa e Regional. Relação dos municípios por região de desenvolvimento.** Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?codFormatacao=695&CodInformacao=798&Cod=1>. Acesso em 12 set. 2020.

BEDWAL, R. S.; BAHUGUNA, A. Zinc, copper and selenium in reproduction. **Experientia**, v.50, p.626-640, 1994.

BELTRANE, M. A.; MACHINSKI JUNIOR, M. Principais Riscos Químicos no Leite: um problema de Saúde Pública. **Arquivo de Ciências da Saúde da Unipar**, v.9, n.2, p.141-145. 2005.

BOYD, R.S.; RAJAKARUNA, N. **Heavy metal tolerance**. In: D. Gibson, Oxford bibliographies in ecology. 1^a ed. New York: Oxford University Press, 2013. 1-24p.

BLUE, W. G.; AMMERMAN, C. B.; LOAIZA, J. M.; GAMBLE, J. F. Compositional analyses of soils, forages and cattle tissues from beef producing areas of eastern Panamá. **Bio Science**, v.19, p.616-618, 1969.

BRADLEY, C. H. Copper poisoning in a dairy herd fed a mineral supplement. **Canadian Veterinary Journal**, v.34, p.287-292, 1993.

BREBNER, J. **The role of soil ingestion in the trace element nutrition of grazing livestock**. 1987. 271 f. PhD thesis, Imperial College, University of London, 1987.

BRZÓSKA, M. M.; MONIUSZKO-JAKONIUK, J. Interactions between cadmium and zinc in the organism. **Food and Chemical Toxicology**, v.39, n.10, p.967–980, 2001.

CABRAL, J. F.; SILVA, M. A. P.; CARVALHO, T. S.; BRASIL, R. B.; GARCIA, J. C.; NASCIMENTO, L. E. C. Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.71, n.4, p.244-255, 2016.

CESUR, Y.; YORDAMAN, N.; DOGAN, M. Serum insulin-like growth factor-1 and insulinlike growth factor binding protein-3 levels in children with zinc deficiency and the effect of zinc supplementation on these parameters. **Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism**, v.22, p.1137–1143, 2009.

CHAFFAI, R.; KOYAMA, H. Heavy metal tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Advances in Botanical Research**, v.60, p.1–49, 2011.

CHECKLEY, S.; WALDNER, C.; BLAKLEY, B. Lead poisoning in cattle: Implications for food safety. **Large Animal Veterinary Rounds**, v.2, n.8, p. 0-6, 2002.

CHERYL, W. L.; BLAKLEY, B. Evaluating micronutrient concentrations in liver samples from abortions, stillbirths, and neonatal and postnatal losses in beef calves. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.26, p.376-389, 2014.

CIBULKA, J.; MIHOLOVA, D.; PISA, J.; SOVA, Z.; MADER, P.; JANDUROVA, S.; SZÁKOVÁ, J.; PYTLOUN, J. Natural levels of lead, cadmium, and mercury in tissues and hair of newborn calves from different areas of Czechoslovakia. **The Science of the Total Environment**, v.84, p.101-112, 1989.

CONTI, R. M. C. **Efeitos de fontes orgânicas de cobre e enxofre sobre a interação cobre, molibdênio e enxofre na alimentação de ovinos**. 2014. 85 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo – SP, 2014.

CORBELLINI, C. N.; MANGONI, A. R.; DE MATTOS, A. C.; AUZMENDI, J. Effects of supplementation of slightly deficient dairy cows with zinc oxide or methioninezinc. **Revista de Medicina Veterinária**, v.78, p.439–447, 1997.

CROSBY, N. T. Determination of metals in food. **Analyst**, v.102, p.225-263, 1977.

DIB, S. R. **Determinação de metais por técnicas espectroanalíticas em amostras de carne e sangue de bovinos submetidos à dieta com adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hilaire)**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos – SP, 2016.

DINIUS, D. A.; BRINSFIELD, T. H.; WILLIAMS, E. E. Effect of subclinical lead intake on calves. **Journal of Animal Science**, v.37, p.169-173, 1973.

DUARTE, R.P.S.; PASQUAL, A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), Níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. **Energia na Agricultura**, v.15, n.1, p. 46 – 58, 2000.

ENJALBERT, F.; LEBRETON, P.; SALAT, O. Effects of copper, zinc and selenium status on performance and health in commercial dairy and beef herds: retrospective study. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.90, p.459–466, 2006.

ENSLEY, S. Evaluating mineral status in ruminant livestock. **Veterinary Clinics of North American: Food Animal Practice**, v.36, p.525-546, 2020.

FLYNN, A. Minerals and trace elements in milk. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.36, p.209-252, 1992.

FONSECA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PAULINO, P.V.R.; DETMANN, E.; FONSECA, E.A.; BENEDETI, P.D.B.; SILVA, L.D. Exigências nutricionais de bezerros nelores lactentes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1212-1221, 2012.

FREIRE, M. F. I. Metais Pesados e Plantas Mediciniais. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n.8, 2005.

FREIRE, C.; AMAYA, E.; GIL, F.; FERNÁNDEZ, M. F.; MURCIA, M.; LLOP, S.; ANDIARENA, A.; AURREKOETXEA, J.; BUSTAMANTE, M.; GUXENS, M.; EZAMA, E.; FERNÁNDEZ-TARDÓN, G.; OLEA, N. Prenatal co-exposure to neurotoxic metals and neurodevelopment in preschool children: The Environment and Childhood (INMA) Project. **Science of the Total Environment**, v.621, p.340-351, 2018.

GALL, J. E.; BOYD, R. S.; RAJATAKARUNA, N. Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.187, p.201, 2015.

GOUVEIA, S.T.; SILVA, F.V.; COSTA, L.M.; NOGUEIRA, A.R.A.; NÓBREGA, J.A. Determination of residual carbon by inductively-coupled plasma optical emission spectrometry with axial and radial view configurations. **Analytica Chimica Acta**, v.445, n.2, p.269–275, 2001.

GOMES, A. C. S.; LINDINO, C. A.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; GOMES, G. D. Determinação de Cd, Cr e Pb no leite e na alimentação bovina do Brasil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.72, p.211-218, 2013.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em latossolo vermelho escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química nova**, v.23, p.173-177, 2000.

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

GONÇALVES, J. R.; MESQUITA, A. J.; GONÇALVES, R. M. Determinação de metais pesados em leite integral bovino pasteurizado no estado de goiás. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.2, p.365-374, 2008.

GONÇALVES, D.N.A.; OLIVEIRA FILHO, E.F.; SOARES, P.C.; CORREIA, F.R.; MARQUES, A.V.S.; MENEZES, R.P.; SILVA, A.A.A.; SILVA, B.H.S. Concentração hepática de cobalto em caprinos e ovinos criados no Sertão pernambucano, Brasil. *Revista Agrária Acadêmica*, v.2, n.4, o. 1-9, 2019.

GOONERATNE, S. R; BUCKEY, W. T; CHRISTENSEN, D. A. Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, v.69, p.819-845, 1989.

GOONERATNE, S. R.; CHRISTENSEN, D. A. A survey of maternal copper status and fetal tissue concentrations in Saskatchewan bovine. **Canadian Journal of Animal Science**, v.69, p.141-150, 1989.

GROTEN, J. P.; SINKELDAM, E. J.; BLADEREN, P. J. Interaction of dietary Ca, P, Mg, Mn, Cu, Fe, Zn and Se With the accumulation and oral toxicity of Cd in rats. **Food and Chemical Toxicology**, v.29, p.249-258, 1991.

HAMMOND, P.B.; ARONSON, A.L. Lead poisoning in cattle and horses in the vicinity of a smelter. **Annals of New York Academy Science**, New York, v.111, p.595-611, 1964. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.1964.tb53128.x>>. Doi: 10.1111/j.1749-6632.1964.tb53128.x

HEINRICHS, A. J.; HEINRICHS, B. S. A prospective study of calf factors affecting first lactation and life time milk production and age of cows when removed from the herd. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.1, p.336-341, 2011.

HERDT, T. H.; HOFF, B. The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.27, p.255-283, 2011.

HOSNEDLOVÁ, B.; TRÁVNÍČEK, J.; ŠOCH, M. Current view of the significance of zinc for ruminants: A review. **Agricultura Tropica et Subtropica**, v.40, n.2, p.57-64, 2007.

JENKINS, K. J.; HIDIROGLOU, M. Effect of excess iron in milk replacer on calf performance. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.2349-2354, 1987.

JENKINS, K. J. Effect of copper loading of preruminant calves on intracellular distribution of hepatic copper, zinc iron and molybdenum. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2346-2350, 1989.

JENKINS, K. J.; HIDIROGLOU, M. Tolerance of the calf for excess copper in milk replacer. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.150-156, 1989.

JESUS, J.; SANTOS, S.; RODRIGUES, A. L. Metais pesados na água. **Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária**, v.4, p.18-22, 2011.

JUDSON, G. J.; MCFARLANE, J. D.; MITSIOULIS, A.; ZVIEDRANS, I. Vitamin B12 responses to cobalto pellets in beef cows. **Australian Veterinary Journal**, v.75, p.660-662, 1997.

KESSELS, B. G. F.; WENSING, T.; WENTINK, G. H.; SCHOTMAN, A. J. H. Clinical chemical and hematological parameters in cattle kept in a cadmium contaminated area. **Bulletin of Environmental and Contamination and Toxicology**, v.44, n.2, p.339-344, 1990.

KHALEGHNIA, N.; MOHRI, M.; SEIFI, H. A. The effects of parenteral iron administration on thyroid hormones, hematology, oxidative stress characteristics, performance, and health in neonatal holstein calves. **Biological Trace Element Research**, v.7, p. 0-10, 2020.

KINCAID, R. L.; HODGSON, A. S. Relationship of selenium concentrations in blood of calves to blood selenium of the dam and supplemental selenium. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.259-263, 1989.

KOLLMER, W. E.; BERG, D. (1989) The influence of a zinc-, calcium- or iron-deficient diet on the resorption and kinetics of cadmium in the rat. In: SOUTHGATE, D. A. T.; JOHNSON, I. T.; FENWICK, G. R. (eds) **Nutrient Availability: Chemical and Biological Aspects. Royal Society of Chemistry Special Publication No. 72**, Cambridge, UK, pp. 287–289.

KRUEGER, G. L.; MORRIS, T. K.; SUSKIND, R. R.; WIDNER, E. M. The health effects of aluminium compounds in mammals. **CRC Critical Reviews in Toxicology**, v.13, p.1–24, 1985.

KRUSHEVSKA, A.; BARNES, R.M.; AMARASIRIWARADENA, C.J.; FONER, H.; MARTINES, L. Determination of the residual carbon content by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry after decomposition of biological samples. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v.7, n.6, 1992, p.845-850, 1992.

LAMPHERE, D. N.; DORN, C. R.; REDDY, C. S.; MEYER, A. W. Reduced Cadmium Body Burden in Cadmium-Exposed Calves Fed Supplemental Zinc. **Environmental Research**, v.33, p.119-129, 1984.

LÓPEZ ALONSO, M.; BENEDITO, J. L.; MIRANDA, M.; CASTILLO, C.; HERNANDEZ, J.; SHORE, R. F. The effect of pig farming on copper and zinc accumulation in cattle in Galicia (North-Western Spain). **The Veterinary Journal**, v.160, p.259–266, 2000.

LÓPEZ ALONSO, M.; BENEDITO, J. L.; MIRANDA, M.; CASTILLO, C.; HERNANDEZ, J.; SHORE, R. F. Cattle as Biomonitoring of Soil Arsenic, Copper, and Zinc Concentrations in Galicia (NW Spain). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.43, p.103-108, 2002.

LÓPEZ ALONSO, M.; MONTAÑA, F. P.; MIRANDA, M.; CASTILLO, C.; HENANDÉZ, J.; BENEDITO, J. L. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. **BioMetals**, v.17, p.389-397, 2004.

LÓPEZ ALONSO, M.; PRIETO, F.; MIRANDA, M. CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ, J.; BENEDITO, J. L. The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. **The Veterinary Journal**, v.169, p.262–267, 2005.

MACHEN, M.; MONTGOMERY, T.; HOLLAND, R.; BRASELTON, E.; DUNSTAN, R. Bovine hereditary zinc deficiency: lethal trait A 46. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.8, n.2, p.219-227, 1996.

MACLACHLAN, D. J.; BUDD, K.; CONNOLLY, J.; DERRICK, J.; PENROSE, L.; TOBIN, T. Arsenic, cadmium, cobalt, copper, lead, mercury, molybdenum, selenium and zinc concentrations in liver, kidney and muscle in Australian sheep. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.50, p.97-107, 2016.

MARCOLINO, G.V. **Detecção de metais pesados em leite integral cru de vacas criadas no Agreste Meridional do Estado de Pernambuco**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2014.

MARÇAL, W. S.; CAMPOS NETO, O.; NASCIMENTO, M. R. L. Valores sanguíneos de chumbo em bovinos nelore suplementados com sal mineral naturalmente contaminado por chumbo. **Ciência Rural**, v.28, n.1, p.53-57, 1998.

MARÇAL, W. S.; VILLEGAS-NAVARRO, A.; NASCIMENTO, M. R. L.; GUERRA, A. P.; FUJIHARA, C. J.; BRUSCHI, A. B. M. Bovinos e eqüinos como bioindicadores da poluição ambiental. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.10, p.16-20, 2003.

MARÇAL, W. S.; BUTURE, I. O.; CARVALHO, M. C.; FORTES, M. S.; SILVA, R. A. Níveis de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados em Londrina. **Ciências Agrárias**, v.25, n.4, p.359-364, 2004.

MARÇAL, W. S. Intoxicação por chumbo em gado bovino em zona rural próxima a indústria metalífera. **Veterinária Notícias**, v.11, n.1, p.87-93, 2005.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K. **Nutrição Animal**. 2. ed. Livraria Freitas Bastos S.A: Rio de Janeiro, 1974. 550p.

McDOWELL, L. R. **Minerais Para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. IMC-Agrico Feed Ingredients: BannockBurn, Illinois, 1999. 92p.

MENDONÇA, V. S. **Aplicabilidade de testes de toxicidade aguda com *Daphnia magna* e *Vibrio fischeri*, no monitoramento da qualidade das águas de bacias hidrográficas: o caso do rio Ipojuca em Pernambuco**. 2005. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, PE, 2005.

MILNE, J. S.; WHITELAW, F. G.; PRICE, J.; SHAND, W. J. The effect of supplementary nickel on urea metabolism in sheep given a low protein diet. **Animal Production**, v.50, p.507–512, 1990.

MINC. **Chumbo na Gasolina**. 2004. Disponível em: [http:// www.minc.com.br/cu mpra-se/leiscump.htm](http://www.minc.com.br/cu mpra-se/leiscump.htm). Acesso em: 07 de mar de 2021.

MIRANDA, M; LÓPEZ ALONSO, M; BENEDITO, J. L. Copper, Zinc, Iron, and Manganese Accumulation in Cattle from Asturias (Northern Spain). **Biological Trace Element Research**, v. 109, p.135-143, 2005.

MIRANDA, M; LÓPEZ ALONSO, M; BENEDITO, J. L. Variations in liver and blood copper concentrations in young beef cattle raised in north-west Spain: associations with breed, sex, age and season. **Animal Science**, v.82, p.253–258, 2006.

MONTEMOR, C. H.; MARÇAL, W. S. Desempenho de bovinos da raça nelore suplementados com cromo orgânico. Semina: **Ciências Agrárias**, v.30, p.701-708, 2009.

MORRISON, J. N.; QUARTERMAN, J. The relationship between iron status and lead absorption in rats. **Biological Trace Element Research**, v.14, p.115–126, 1987.

MORZELLE, M. C. 2016. **Composição química do leite**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1810879/mod_resource/content/1/Aula%202.pdf>. Acesso em 08 mar. 2021.

MURTA, G. K. RHEA, U. S. Copper, iron, manganese, strontium and zinc content of market milk. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.1666-1674, 1992.

NASCIMENTO, S. P. G.; SANTOS, J. R. U.; SANTOS, E. O.; PINTO, J. E. S. S. Fatores da degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Ipanema. **4º GeoAlagoas: Simpósio sobre as geotecnologias e geoinformação no Estado de Alagoas**. Maceió, 2016. Disponível em: <<http://dados.al.gov.br/dataset/335fcc77-1d45-4ad6-9542-c29330187507/resource/3e76ccce-a6a5-44dc-b354-2680743ef685/download/fatoresdadegradacaoambientaldabaciahidrograficadorioipanema.pdf>>. Acesso em 12 set. 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). Minerals In: **National Research Council, editors. Nutrient requirements of beef cattle**. National Academy of Sciences, Washington, DC, p.54-74.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2001) **Nutrient requirements of dairy cattle**, 7th edn. National Academy of Sciences, Washington, DC, p 304–310.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL NRC (2005) **Mineral Tolerances of Animals**, 2nd edn. National Academy of Sciences, Washington, DC. 510p.

NESER, J. A.; DE VRIES, M. A.; DE VRIES, M.; VAN DER MERWE, A. J.; LOOCK, A. H.; SMITH, H. J. C.; VAN DER VYVER, F. H.; ELSENBROEK, J. H. Enzootic geophagia of calves and lambs in Northern Cape and Northwest and the possible role of chronic manganese poisoning. **South African Journal of Animal Science**, v.30, p.1-2, 2000.

NISHIYAMA, S.; FUTAGOISHI-SUGINOHARA, Y.; MATSUKURA, M.; NAKAMURA, T.; HIGASHI, A.; SHINOHARA, M.; MATSUDA, I. Zinc supplementation alters thyroid hormone metabolism in disabled patients with zinc deficiency, **Journal of the American College of Nutrition**, v.13, p.62–67, 1994.

NOCKELS, C. F.; DEBONIS, J.; TORRENT, J. Stress induction affects copper and zinc balance in calves fed organic and inorganic copper and zinc sources. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2539–2545, 1993.

O'DELL, G. D.; MILLER, W. J.; MOORE, S. L.; KING, W. A.; ELLERS, J. C.; JURECEK, H. Effect of dietary nickel level on excretion and nickel content of tissue in male calves. **Journal of Animal Science**, v.32, p.769–773, 1971.

OKADA, I. A.; SAKUMA, A. M.; MAIO, F. D.; DOVIDAUSKAS, S.; ZENEBO, O. Avaliação dos níveis de chumbo e cádmio em leite em decorrência de contaminação ambiental na região do Vale do Paraíba, Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.31, p.140-143, 1997.

OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A. Formas de manganês e ferro em Solos de Referência de Pernambuco. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.99-110, 2006.

OLIVEIRA FILHO, E. F. **Metais essenciais e tóxicos: suas concentrações no leite de vacas da região do Agreste Pernambucano e em queijos artesanais da Galícia – Espanha**. 2020. 82 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2020.

OLIVEIRA FILHO, E. F.; SOARES, P. C.; MIRANDA, M.; AFONSO, J. A. B.; MENDONÇA, C. L.; SOUTO, R. J. C.; GONÇALVES, D. N. A.; DANTAS, A. F. M.; KUNST, T. H.; PAIM, A. P. S.; LÓPEZ-ALONSO, M. Outbreak of enzootic ataxia in lambs in the semi-arid state of Pernambuco, Brazil. **Revista Agrária Acadêmica**, v.2, n.4, p. 1-9, 2019.

ORTOLANI, E. L. 2002. Macro e microelementos, In: SPINOSA, H. S.; GORNIK, S. L.; BERNADI, M. M. (Eds), **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. p.641-651.

PAIVA, A. C. **Dispersão do chumbo em ambientes aquáticos da região de Belo Jardim-PE**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, PE, 2005.

PALES, A. P. A. Importância da contagem de células somáticas e contagem bacteriana total para a melhoria da qualidade do leite no Brasil. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v.1, n.2, p.162-173, 2005.

PEARL, D. S.; AMMERMAN, C. B.; HENRY, P. R.; LITTELL, R. C. Influence of dietary lead and calcium on tissue lead accumulation and depletion, lead metabolism and tissue mineral composition in sheep. **Journal of Animal Science**, v.56, p.1416–1426, 1983.

POURRET, O.; BOLLINGER, J. C. “Heavy metal” - What to do now: To use or not to use?. **Science of the Total Environment**, p.610-611, 2018.

PUSCHNER, B.; CHOI, Y.; TEGZES, J. H.; THURMOND, M. C. Influence of age, sex, and production class on liver zinc concentration in calves. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.16, p.278–282, 2004.

RADOSTITS, O. M; GAY, C. C; BLOOD, D. C; HINCHCLIFF, K. W. Doenças causadas por substâncias químicas inorgânicas e produtos químicos utilizados nas fazendas. In: RADOSTITS, O. M; GAY, C. C; BLOOD, D. C; HINCHCLIFF, K. W. (eds). **Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos**. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 1417-1471, 2002.

RADWIŃSKA J.; ŻARCZYŃSKA, K. Effects of mineral deficiency on the health of young ruminants. **Journal of Elementology**, v.19, p.915–928, 2014.

RAISBECK, M. F; SIEMION, R. S; SMITH, M. A. Modest copper supplementation blocks molybdenosis in cattle. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.18, p.506-572, 2006.

RAM, P. K.; SINGH, S. K.; SRIVASTAVA, A.; KUMAR, G.; JAISWAL, A. K.; YADAV, B.; GARG, S. K. Effects of injectable trace minerals (itms) on th1/th2 cytokine balance of

newborn calves with tropical theileriosis. **Biological Trace Element Research**, v.199, p. 1397 – 1404, 2020.

RANA, S. V. S. Metals and apoptosis: Recent developments. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.22, n.4, p.262-284, 2008.

REIS, L. S. L. S.; PARDO, P. E.; CAMARGOS, A. S.; OBA, E. Mineral element and heavy metal poisoning in animals. **Journal of Medicine and Medical Sciences**, v.1, n.12, p.560-579, 2010.

RIET-CORREA, F. Suplementação mineral em pequenos ruminantes no semi-árido. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v.7, n.2/3, p.112-130, 2004.

ROBINSON, D. L.; HEMKES, O. J.; KEMP, A. Relationships among forage aluminium levels, soil contamination on forages and availability of elements to dairy cows. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.32, p.73–80, 1984.

SACILOTO, T. R.; CERVINI, P.; CAVALHEIRO, E. T. G. Simultaneous Voltammetric Determination of Zn(II), Pb(II), Cu(II), and Hg(II) in Ethanol Fuel Using an Organofunctionalized Modified Graphite-Polyurethane Composite Disposable Screen-Printed Device. **Electroanalysis**, v.26, p. 2664 – 2676, 2014.

SALNIKOW, K. ZHITKOVICH, A. Genetic and Epigenetic Mechanisms in Metal Carcinogenesis and Cocarcinogenesis: Nickel, Arsenic, and Chromium. **Chemical Research in Toxicology**, v.21, n.1, p.28-44, 2008.

SÁNCHEZ, M.L. **Causes and effects of heavy metal pollution**. 1ª ed. New York: Nova, 2008. 392 p.

SHARIATPANAHI, M.; ANDERSON, A. C. Accumulation of cadmium, mercury and lead by vegetables following long-term land application of waste-water. **Science of the Total Environment**, v.52, p.41-47, 1986.

SHARMA, R. P.; STREET, J. C.; SHUPE, J. L.; BOURCIER, D. R. Accumulation and depletion of cadmium and lead in tissues and milk of lactating cows fed small amounts of these metals. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.972-9, 1982.

SMITH, R. M.; GRIEL, L. C.; MULLER, L. D.; LEACH, R. M.; BAKER, D. H. Effects of dietary cadmium chloride throughout gestation on blood and tissue metabolites of primigravid and neonatal dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4078–4087, 1991.

SILVA, T.R.; SOARES, P.C.; DANTAS, A.F.M.; MARQUES, A.V.S.; OLIVEIRA FILHO E.F.; AGUIAR, G.M.N.; MARQUES, A.L.A.; RIET-CORREA, F. Serum and liver copper, iron, molybdenum and zinc concentrations in goats and sheep in the state of Paraíba, Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 38, n. 7, p. 1313-1316, 2018.

SOUZA, M. V.; VIANNA, M. W. S.; ZANDIM, B. M.; FERNANDES, R. B. A.; FONTES, M. P. F. Metais pesados em amostras biológicas de bovinos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1774–1781, 2009.

SPEARS, J. W. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals. Review. **Journal of Animal Science**, v.12, p.1002-1008, 1999.

SPEARS, J. W. Trace mineral bioavailability in ruminants. **Journal of Nutrition**, v.133, n.5, p.1506-1509, 2003.

SULLIVAN, J. M.; JANVITZ, E. B.; ROBINSON, F. R. Copper toxicosis in veal calves. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v.31, p.161-164, 1991.

SUTTLE, N.F. 2010. **Mineral nutrition of livestock**. 4th edition. CABI, Oxford, UK ISBN-13: 978 1 84593 472 9.

SWARUP, D.; PATRA, R. C.; NARESH, R.; KUMAR, P.; SHEKHAR, P. Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; transfer of lead into milk. **Science of Total Environment**, v.347, p.106-110, 2005.

SWARUP, D.; NARESH, R.; VARSHNEY, V. P.; BALAGANGATHARATHILAGAR, M.; HUMAR, P.; NANDI, D.; PATRA, R. C. Changes in plasma hormones profile and liver function in cows naturally exposed to lead and cadmium around different industrial areas. **Research in Veterinary Science**, v.82, p.16-21, 2007.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. **Química Nova**, v.15, n.2. p.147-53, 1992.

TIFFANY, M. E; McDOWELL, L. R; O'CONNOR, G. A; MARTIN, F. G; WILKINSON, N. S; CARDOSO, E. C; PERCIVAL, S. S; RABIANSKY, P. A. Effects of pasture applied biosolids on performance and mineral status of grazing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1331-1337, 2000.

TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; BARBOSA, J. D.; BRITO, M. F.; DÖBEREINER, J. **Deficiências Minerais em Animais de Produção**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010.

TOLONEN, M. **Vitaminas y minerales em la salud y la nutrición**. Espanha: Zaragoza, 1995. 278 p.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F., 1999: **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3rd edn, CABI Publishing, Wallingford. 624 p.

WEBB, M. The metallothioneins. **Biochemical Society. Transactions**, v.3, p.632-643, 1975.

WENTINK, G. H.; WENSING, T.; BAARS, A. J.; VAN BEEK, H.; ZEEUWEN, A. A. P. A.; SCHOTMAN, A. J. H Effects of cadmium on some clinical and biochemical measurements in heifers. **Bulletin Environmental Contamination and Toxicology**, v.40, p.131-138, 1988.

WUANA, R. A.; OKIEIMEN, F. E. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. **ISRN Ecology**, p.1–20, 2011.

ZANINI, A. C.; OGA, Z. **Farmacologia Aplicada**. São Paulo: Atheneu, 1995. 3. Ed, p.457-470.

ZIANNA, A.; RISTOVIC, M. S.; PSOMAS, G.; HATZIDIMITRIOU, A.; COUTOULI-ARGYROPOULOU, E.; LALIA-KANTOURI, M. Cadmium(II) complexes of 5-bromosalicylaldehyde and α -diimines: Synthesis, structure and interaction with calf-thymus DNA and albumins. **Polyhedron**, v.107, p.136–147, 2016.

ZMUDSKI, J.; BRATTON, G. R.; WOMAC, C.; ROWE, L. Lead poisoning in cattle: Reassessment of the minimum toxic oral dose. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.30, p.435-441, 1983.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1 – Questionário epidemiológico



Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Departamento de Medicina Veterinária – DMV
Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária – PPGCV

Discentes: Rodolpho Almeida Rebouças / Alexandre Tadeu Mota Macedo

Orientador: Prof^o Dr. Pierre Castro Soares

Coorientador: Prof. Dr. José Augusto Bastos Afonso

Questionário epidemiológico dos fatores de risco da presença de metais em soro e leite de vacas criadas no Estado de Pernambuco, Brasil

Propriedade:

Proprietário:

Endereço:

Email:

Data: ____/____/____

Investigador:

DADOS DA PROPRIEDADE

1. Qual a localização da propriedade?

1 - Agreste Meridional ()

2 - Agreste Central ()

3 - Agreste Setentrional ()

2. Qual município?

3. A propriedade é próxima a rodovias/BR?

1 - Sim ()

2 - Não ()

Qual (is): _____

4. Qual(is) espécie(s) é (são) criada(s) na propriedade?

1 - Caprina ()

2 - Ovina ()

3 - Bovina ()

4 - Equina ()

Outra(s): _____

5. Qual o estado de criação?

1 - Intensivo ()

2 - Extensivo ()

3 - Semi intensivo ()

6. Qual o tamanho do rebanho? Questionário: n^o _____

1 - Abaixo de 50 animais ()

2 - Entre 51 e 100 animais ()

3 - Entre 101 e 200 animais ()

4 - Acima de 201 animais ()

7. Qual a alimentação dos animais?

1 - Pasto ()

2 - Capim de corte ()

3 - Silagem ()

4 - Feno ()

5 - Outra(s) _____

Qual (is) o(s) tipo (s) de capim(ns) utilizado(s): _____

8. Utiliza concentrado na alimentação dos animais?

1 - Sim ()

2 - Não ()

3 - Qual(is): _____

9. Realiza mineralização?

1 - Sim ()

2 - Não ()

3 - Qual(is): _____

10. A propriedade é próxima a fontes hídricas (rios/açudes/barreiro, barragem, outras)?

1- Sim ()

2- Não ()

Qual(is): _____

11. Em relação à fonte hídrica, trata-se de água:

1- Parada ()

2- Corrente ()

3- Mista ()

4 – Outra(s) _____

12. Esta água é consumida pelos animais?

1- Sim ()

2- Não ()

13. Esta água é utilizada para irrigação do pasto ou capineira?

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is): _____

14. Já foi realizada, em algum momento, a análise desta água, afim de avaliar a sua qualidade?

1- Sim ()

2-Não ()

15. A propriedade possui maquinário agrícola?

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is): _____

16. Os animais têm acesso a este maquinário?

1- Sim ()

2-Não ()

17. A propriedade utiliza produtos químicos (fertilizantes, agrotóxicos)

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is): _____

18. A propriedade fica próxima a aterros sanitários/lixão?

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is): _____

19. Os animais têm acesso a este local?

1- Sim ()

2-Não ()

20. A propriedade fica próxima a indústrias/complexos industriais/agroindustriais?

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is): _____

21. Os animais têm acesso a este local?

1- Sim ()

2-Não ()

22. Qual tipo de ordenha?

1-Mecânica ()

2- Manual ()

23. Quantos animais são ordenhados?

1-Abaixo de 50 animais ()

2- Entre 51 e 100 animais ()

3- Entre 101 e 200 animais ()

4- Acima de 201 animais ()

24. Qual a média de produção de leite da propriedade?

25. Qual o destino do leite produzido na propriedade?

1 – É comercializado *in natura* pelo próprio produtor ()

2 - É comercializado para laticínios ()

3 – É beneficiado na propriedade ()

Outra(s): _____

26. Os animais estão sendo/foram medicados recentemente?

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is) medicamento(s) foi (foram) utilizado(s): _____

27. Foi respeitado o período de carência do medicamento?

1- Sim ()

2-Não ()

28. Realiza vacinação dos animais?

1- Sim ()

2-Não ()

Qual(is): _____

29. Comercializa animais (compra e venda)?

1- Sim ()

2- Não ()

30. Quando compra animais, realiza quarentena?

- 1- Sim ()
- 2- Não ()

31. Onde são criados os bezerros?

- 1 – Baias individuais ()
- 2 - Bezerreiro ()
- 3 - Piquete ()

32. Há controle da mamada do colostro?

- 1- Sim ()
- 2- Não ()

33. Como é feito o aleitamento?

- 1 – Ao pé ()
- 2 – Mamada controlada ()
- 3 - Mamadeira ()
- 4 – Balde ()

34. Quantidade de leite oferecida/dia:

35. De onde é proveniente o leite oferecido?

- 1 – Da mãe ()
- 2 – Banco de colostro ()

36. Em relação à fonte hídrica para os bezerros, trata-se de água:

- 1- Parada ()
- 2- Corrente ()
- 3- Mista ()
- 4 – Outra(s) _____

37. Idade ao desmame?

38. Qual a alimentação após o desmame?

- 1 - Pasto ()
- 2 - Capim de corte ()
- 3 – Silagem ()
- 4 – Feno ()

39. Qual o tipo de ordenha?

- 1 – Manual ()
- 2 – Mecânica ()

9.2. Anexo – Termo de Autorização



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

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, _____,
portador do CPF de número _____ e RG _____
autorizo a coleta de água, alimento e material biológico necessários para a execução de
projeto de pesquisa de doutorado do discente Alexandre Tadeu Mota Macedo do Programa de
Pós-Graduação em Medicina Veterinária, sob a orientação do Prof. Dr. Pierre Castro Soares
(DMV/UFRPE) e co-orientação do Prof. Dr. José Augusto Bastos Afonso (CBG/UFRPE),
bem como publicação dos resultados obtidos para a comunidade científica.

_____, ____/____/____

Assinatura do proprietário

9.3. Anexo 3 – Licença da CEUA da UFRPE



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
 Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n,
 Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE

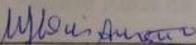
CEUA - UFRPE
 Aprovado em
10/05/2017
 Validade
10/05/2019

Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA-C05

Licença condicional para o uso de animais em experimentação e/ou ensino

A Comissão de ética no uso de animais CEUA da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no uso de suas atribuições, autoriza a execução do projeto discriminado abaixo. O presente projeto também se encontra de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 11794/2008.

Número da licença	29/ 2017
Número do processo	23082.009185/2017-15
Data de emissão da licença	12 de abril de 2017.
Título do Projeto	Concentração de metais pesados no soro sanguíneo e leite cru integral de vacas leiteiras e soro sanguíneo de bezerras lactentes criados no agreste pernambucano.
Finalidade (Ensino, Pesquisa, Extensão)	Pesquisa.
Responsável pela execução do projeto	Pierre Castro Soares.
Colaboradores	Alexandre Tadeu Mota Macedo; Rodolpho Almeida Rebouças.
Tipo de animal e quantidade total autorizada	Espécie: Bovino (vacas) idade 3 a 8 anos, peso aproximado 500kg, quant. 300 (fêmeas) . Bovino (Bezerros) idade de 5 a 30 dias , peso aproximado 45g, quant. 100 machos e 200 fêmeas). Total: 600.



Prof. Dra. Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim
 (Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA /UFRPE)

Prof. Dr. Marleyne Amorim
 Presidente CEUA/UFRPE
 SIAPE 384977