



ALLAN VIEIRA DOS SANTOS MARQUES

**TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS ANTAGONISTAS EM FÍGADO E
SANGUE DE OVINOS E CAPRINOS CRIADOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

RECIFE

2010

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

ALLAN VIEIRA DOS SANTOS MARQUES

**TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS ANTAGONISTAS EM FÍGADO E
SANGUE DE OVINOS E CAPRINOS CRIADOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Veterinária.

Orientador:

Prof. Dr. Pierre Castro Soares

RECIFE

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

M357t Marques, Allan Vieira dos Santos
Teores de cobre e seus principais antagonistas em fígado e sangue de ovinos e caprinos criados no estado de Pernambuco/ Allan Vieira dos Santos Marques. -- 2010.
66 f.: il.

Orientador: Pierre Castro Soares.
Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária, Recife, 2010.
Inclui referências e anexo.

1. Ruminantes 2. Deficiência mineral 3. Ataxia enzoótica 4. Elementos traços
5. Nutrição animal I. Soares, Pierre Castro, Orientador
II. Título

636.0896123

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

**TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS ANTAGONISTAS EM FÍGADO E
SANGUE DE OVINOS E CAPRINOS CRIADOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação de Mestrado elaborada por
Allan Vieira dos santos Marques

Aprovada em: 26/02/2010
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pierre Castro Soares
Orientador – Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

Prof. Dr. José Wilton Pinheiro Júnior – UAG - UFRPE
Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE

Prof^a. Dr^a. Erika Christina Santos Oliveira
Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

Dr^a. Sylvana Pontual de Alencar
Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Jesus Cristo, razão da minha existência, esperança e perseverança. Sem Ele todo este trabalho, os esforços de todos; as noites em claro, as dores de cabeça... E todo o suor que faz de nós o que somos seria menos que nada. Obrigado Jesus, meu Senhor e Salvador.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Deus por Ele mesmo ter me ajudado nesta caminhada, “Tudo que tem fôlego, louve ao Senhor...”.

A minha família que, mesmo não estando presente, torcem e acreditam em meu sucesso. Minha mãe que tantas vezes conversa com Deus sobre mim. A meu pai, homem disciplinado e sério que ama a verdade. Aos meus irmãos Junior e Allana que são parceiros na luta por uma vida cada vez mais digna.

A Kelly, meu amor, e sua família pessoas de ótimo coração que me acolheram tantas vezes e me permitiram ter boas horas de alegria e calor humano, sem o qual perdemos o que realmente importa nesta vida, viver as pessoas.

Agradeço ao professor Pierre, pela grande paciência que teve comigo e pela disciplina e organização que me ensinou, tão importantes em uma pesquisa científica. Este que foi meu mentor nestes dois anos, pessoa séria, cujos padrões de exigência me permitiram alcançar um novo padrão de competência.

A turma da zootecnia, Solano, João, Rafael, Rodrigo e demais estagiários e funcionários pelos meses mais demorados e exaustivos da minha vida, em que trabalho em equipe foi de fundamental para sucesso das atividades do experimento.

Aos meus amigos Gileno, Rodolfo, e Rogério amigos que são tão próximos. Quantas vezes discutimos sobre a vida de cada um, brigamos e rimos a valer, e que tiveram uma participação toda especial. A Elizabeth e Iagmar, pessoas gentis e verdadeiras, quando sabem, sabem, quando não sabem procuram.

Ao professor Leo, que se tornou estimado para mim, principalmente nestes dois anos. Ao Aspira e Franklin pelo apoio no período que passei na residência estudantil. Paulo, Fátima, Guiomar (madrinha), Salomé e Clarissa pelo apoio e carinho que recebi deles. A dona Socorro e Seu Deo, pela ajuda na casa alugada e pelo apoio nas horas de silêncio e paz necessárias para estudo.

Seria irracional querer agradecer diretamente a todos que me ajudaram nesta caminhada e não ser injusto ao esquecer algumas delas, mas as estrelas no céu não deixam de brilhar somente por deixarmos de vê-las.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica (CNPq), pelo apoio ao projeto de pesquisa aprovado no edital Universal2007, Faixa A - Edital MCT/CNPq 15/2007.

Programa de Sanidade em Caprinos e Ovinos no Estado de Pernambuco, coordenado pela Prof^a. Dr^a. Maria Cristina Oliveira Cardoso Coelho do DMV - UFRPE.

EPIGRAFE

**“A alma do justo preocupa-se
com seu animal doméstico.” Pv.:12:10**

RESUMO

Objetivou-se conhecer os teores de Cu, Mo, Fe e Zn em soro e fígado de ovinos e caprinos, nas épocas de chuva e seca, criadas no semi-árido do estado de Pernambuco, e estabelecer se a carência de Cu é causada por deficiência primária de Cu ou secundária à ingestão de quantidades excessivas de Fe ou Mo. Amostras de soro e fígado de 141 ovinos e 141 caprinos foram submetidas à digestão úmida em ácido nítrico-perclórico e analisados em espectrofotômetro de absorção atômica acoplado a plasma. A concentração sérica média de Cu em ovinos foi de $9,22 \pm 2,34$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e $10,03 \pm 2,89$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva, sendo que as fêmeas tiveram valores significativamente maiores ($10,92 \pm 2,56$ $\mu\text{mol/L}$) do que os machos ($9,42 \pm 2,67$ $\mu\text{mol/L}$). Os valores de Cu em fígado foram de $185,1 \pm 88,28$ mg/kg da MS na seca e $137,95 \pm 87,04$ mg/kg na chuva e as fêmeas tiveram valores significativamente maiores ($218,61 \pm 93,49$ mg/kg) do que os machos ($133,45 \pm 92,37$ mg/kg). Em caprinos os valores séricos de Cu foram de $11,74 \pm 2,36$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e $11,05 \pm 2,74$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva, sendo que as fêmeas tiveram maiores valores ($12,10 \pm 2,67$ $\mu\text{mol/L}$) que os machos ($10,14 \pm 1,80$ $\mu\text{mol/L}$). Os teores do fígado foram de $155,2 \pm 93,40$ mg/kg na seca e $149,37 \pm 62,33$ mg/kg na chuva. Os teores séricos de cobre em ovinos foram significativamente menores que o dos caprinos, mas não se observaram diferenças nos teores hepáticos de Cu entre ovinos e caprinos. Baseado nesses valores, considerados marginais, e na ocorrência de surtos de ataxia enzoótica em caprinos e ovinos na região, recomenda-se a suplementação com Cu, em animais a campo, tanto na seca quanto na chuva. Os teores séricos de Fe em ovinos foram de $36,99 \pm 15$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e de $34,52 \pm 14,86$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva, diferindo entre fêmeas ($29,92 \pm 11,06$ $\mu\text{mol/L}$) e machos ($37,85 \pm 15,68$ $\mu\text{mol/L}$). Os teores do fígado foram significativamente menores na seca ($186,20 \pm 30,02$ mg/kg) do que na chuva ($229,25 \pm 83,15$ mg/kg), não havendo diferenças entre machos e fêmeas. Em caprinos os teores séricos de Fe foram de $25,61 \pm 9,35$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e de $24,57 \pm 6,96$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva e os teores do fígado de $170,52 \pm 56,91$ mg/kg na seca e de $139,73 \pm 51,30$ mg/kg na chuva. Nesta espécie não houve diferenças nos teores séricos e hepáticos de Fe entre machos e fêmeas. Os teores séricos e hepáticos de Fe foram significativamente maiores em ovinos do que em caprinos. Considerando que as concentrações séricas e hepáticas de Fe encontram-se dentro da normalidade ou são marginais sugere-se que as concentrações marginais de Cu não estejam diretamente relacionadas com o excesso de Fe. Os teores séricos de Mo em ovinos foram de $0,33 \pm 0,18$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e $0,3 \pm 0,15$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva e os teores no fígado de $8,27 \pm 3,97$ na seca e $7,96 \pm 4,07$ na chuva. Os teores séricos de Mo em caprinos foram de $0,31 \pm 0,12$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e de $0,26 \pm 0,10$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva e os do fígado de $7,17 \pm 4,09$ mg/kg na seca e $5,8 \pm 4,14$ mg/kg na chuva. Os teores médios de Mo de soro e fígado em ovinos, $0,31 \pm 0,17$ $\mu\text{mol/L}$ e $8,10 \pm 4,01$ mg/kg, respectivamente, foram semelhantes aos teores séricos e hepáticos de caprinos, de $0,28 \pm 0,11$ $\mu\text{mol/L}$ e $6,53 \pm 4,13$ mg/kg, respectivamente. Tanto em ovinos quanto em caprinos não houve diferenças significantes nos teores do soro e fígado entre machos e fêmeas. Apesar das variações encontradas tanto neste trabalho quanto nos dados da literatura os resultados sugerem que os teores marginais de Cu não são devidos a teores altos de Mo. Em ovinos os valores de Zn no soro foram significativamente diferentes na seca ($9,79 \pm 3,02$ $\mu\text{mol/L}$) do que na chuva ($13,48 \pm 7,22$ $\mu\text{mol/L}$). No fígado os valores de Zn foram, também, significativamente diferentes na seca ($109,96 \pm 30,23$ mg/kg) do que na chuva ($139,1 \pm 60,45$ mg/kg). Em caprinos os teores de Zn no soro foram de $12,01 \pm 9,61$ $\mu\text{mol/L}$ na seca e $11,6 \pm 4,93$ $\mu\text{mol/L}$ na chuva e os do fígado foram de $134,2 \pm 26,58$ mg/kg na seca e $131,45 \pm 76,55$ mg/kg na chuva. Os teores séricos e hepáticos de Zn foram semelhantes em caprinos e ovinos. Considerando que os teores de Zn sérico encontram-se abaixo dos valores considerados como marginais e os hepáticos dentro do limite de normalidade, embora próximos ao limite inferior da referência, recomenda-se a suplementação com Zn, principalmente durante o período da seca.

Palavras – chave: Microelementos, ruminantes, sangue, fígado deficiência mineral, deficiência de cobre, deficiência de zinco.

ABSTRACT

The aim of this research was to know serum and liver concentrations of Cu, Mo, Fe and Zn in sheep and goats slaughtered in the semiarid region of the state of Pernambuco, Northeastern Brazil, during the rainy and dry seasons, and to determine if Cu deficiency that occurs in the region is primary or secondary to high levels of Mo and/or Fe. Serum and liver samples from 141 goats and 141 sheep were submitted to wet digestion in nitric-perchloric acid and analyzed by coupled plasma atomic absorption spectrophotometry. The mean concentration of serum Cu in sheep was 9.22 ± 2.34 $\mu\text{mol/L}$ in the dry period and 10.03 ± 2.89 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy period, but females had significantly higher values (10.92 ± 2.56 $\mu\text{mol/L}$) than males (9.42 ± 2.67 $\mu\text{mol/L}$). Mean Cu concentrations in the liver were 185.1 ± 88.28 mg per kg of dry matter (mg/kg) in the dry period and 137.95 ± 87.04 mg/kg in the rainy period, and females had significantly higher concentrations (218.61 ± 93.49 mg/kg) than males (133.45 ± 92.37 mg/kg). In goats serum concentrations of Cu were of 11.74 ± 2.36 $\mu\text{mol/L}$ in the dry period and 11.05 ± 2.74 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy period, and females (12.10 ± 2.67 $\mu\text{mol/L}$) had higher concentrations than males (10.14 ± 1.80 $\mu\text{mol/L}$). Liver concentrations were 155.2 ± 93.40 mg/kg in the dry period and of 149.37 ± 62.33 mg/kg in the rainy period. Mean serum concentrations of Cu in sheep (9.85 ± 2.71 $\mu\text{mol/L}$) were significantly lower than in goats (11.37 ± 2.57 $\mu\text{mol/L}$), but there were no differences in liver concentrations of Cu between sheep (158.45 ± 83.05 mg/kg) and goats (152.46 ± 79.58 mg/kg). Based in Cu serum and liver concentrations, and in the sporadic occurrence of enzootic ataxia, Cu supplementation is recommended in grazing sheep and goats during the dry and the rainy seasons. In sheep, serum concentrations of Fe were 36.99 ± 15 $\mu\text{mol/L}$ in the dry season and 34.52 ± 14.86 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy season, with significant differences between females (29.92 ± 11.06 $\mu\text{mol/L}$) and males (37.85 ± 15.68 $\mu\text{mol/L}$). Liver Fe concentrations were significantly lower in the dry season (186.20 ± 30.02 mg/kg) than in the rainy season (229.25 ± 83.15 mg/kg), with no differences between females and males. In goats, serum concentrations of Fe were 25.61 ± 9.35 $\mu\text{mol/L}$ in the dry season and 24.57 ± 6.96 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy season, and liver concentrations were of 170.52 ± 56.91 mg/kg in the dry season and 139.73 ± 51.30 mg/kg in the rainy season; there were no significant differences between females and males. Serum levels of Fe were significantly higher in sheep (35.58 ± 14.89 $\mu\text{mol/L}$) than in goats (25.06 ± 8.10 $\mu\text{mol/L}$). Also Fe concentrations of the liver were higher in sheep (210.53 ± 121.99 mg/kg) than in goats (156.1 ± 55.99 mg/kg). Considering that serum and hepatic concentrations of Fe are between normal ranges or marginal it is suggested that the low Cu concentrations are not related with high Fe ingestion. In sheep serum concentrations of Mo were 0.33 ± 0.18 $\mu\text{mol/L}$ in the dry season and 0.3 ± 0.15 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy season and liver concentrations were 8.27 ± 3.97 in the dry season and 7.96 ± 4.07 in the rainy season. In goats, serum concentrations of Mo were 0.31 ± 0.12 $\mu\text{mol/L}$ in the dry season and 0.26 ± 0.10 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy season, and liver concentrations were 7.17 ± 4.09 mg/kg in the dry season and 5.8 ± 4.14 mg/kg in the rainy season. There were no significant differences in serum and liver Mo concentrations between sheep and goats and between males and females. Despite the variations found in this study and also in reference values, it is suggested that the low or marginal Cu concentrations are not due to high Mo intake. In sheep serum concentrations of Zn were significantly lower during the dry season (9.79 ± 3.02 $\mu\text{mol/L}$) than in the rainy season (13.48 ± 7.22 $\mu\text{mol/L}$). Also Zn concentrations in the liver were significantly lower in the dry season (109.96 ± 30.23 mg/kg) than in rainy season (139.1 ± 60.45 mg/kg). In goats, serum Zn concentrations were 12.01 ± 9.61 $\mu\text{mol/L}$ in the dry season and 11.6 ± 4.93 $\mu\text{mol/L}$ in the rainy season, and liver concentrations were 134.2 ± 26.58 mg/kg in the dry season and 131.45 ± 76.55 mg/kg in the rainy season. There were no significant differences between serum and liver concentrations of Zn between sheep and goats or between males and females. Taking into account that serum and liver Zn concentrations in sheep and goats are considered marginal, supplementation with this mineral it suggested in grazing sheep and goats, mainly during the dry season.

Keywords: Microelements, ruminants, blood, liver, copper deficiency, zinc deficiency, mineral deficiency.

LISTA DE ABREVIATURAS

Cu	Cobre
Mo	Molibdênio
Zn	Zinco
S	Enxofre
Fe	Ferro
P	Fosforo
Se	Selênio
Mg	Magnésio
Ca	Cálcio
I	Iodo
Mn	Manganês
Co	Cobalto
AE	Ataxia Enzoótica
ICC	Intoxicação Cuprica Cumulativa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Deficiências diagnosticadas no Brasil até 1976. Fonte: (TOKARNIA et al., 1999).....	25
Figura 2-	Deficiências e desequilíbrios minerais em Bovinos e Ovinos diagnosticados no Brasil de 1987 a 1998. Fonte: (TOKARNIA et al., 1999).....	26
Figura 3-	Identificação das áreas referentes ao local de coleta do material biológico.....	30
Figura 4-	Cenários pluviométricos característicos da deficiência hídrica anual (mm) e índice de aridez (%), da localização dos municípios de Araripina, Granito e Ouricuri, no sertão do estado de Pernambuco.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-	Médias da concentração sérica de Cu ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos e caprinos, quanto ao sexo, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.....	44
Gráfico 2-	Médias da concentração sérica de Fe ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos e caprinos, quanto ao sexo, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.....	44
Gráfico 3-	Médias da concentração sérica de Zn ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos e caprinos, quanto ao período sazonal, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.....	45
Gráfico 4-	Médias da concentração hepática de Cu (mg/kg) em ovinos, quanto ao sexo, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.....	45
Gráfico 5-	Médias da concentração hepática de Fe e Zn (mg/kg) em ovinos, quanto ao período sazonal, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.....	46
Gráfico 6-	Representação gráfica das médias históricas do volume de chuvas (mm) dos municípios de Araripina, Granito e Ouricuri, no sertão do estado de Pernambuco.....	66
Gráfico 7-	Médias históricas da chuva (mm) de janeiro a dezembro para os municípios de Araripina, Granito e Ouricuri, estado de Pernambuco.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Fontes de variação, valor de F da análise de variância e nível de <i>P</i> de Cu, Fe, Mo e Zn do soro de ovinos e caprinos abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010.....	35
Tabela 2-	Estatística descritiva e níveis de significância dos elementos Cu, Fe, Mo e Zn no soro de ovinos e caprinos nos fatores período, espécie e sexo, criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010.....	36
Tabela 3-	Fontes de variação, valor de F da análise de variância e nível de <i>P</i> de Cu, Fe, Mo e Zn do fígado de ovinos e caprinos abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010.....	38
Tabela 4-	Estatística descritiva e níveis de significância dos elementos Cu, Fe, Mo e Zn no fígado de ovinos e caprinos nos fatores período, espécie e sexo, criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010.....	40
Tabela 5-	Valores médios de minerais (Cu, Fe, Mo e Zn) do soro e fígado de ovinos e caprinos, em relação ao sexo e período sazonal, criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.....	42

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1.	Importância dos elementos traços na saúde animal.....	18
2.2.	Metabolismo e <i>status</i> do cobre em ruminantes.....	19
2.3.	Situação da deficiência mineral no Nordeste.....	24
3.	OBJETIVOS	29
3.1.	Objetivo geral.....	29
3.2.	Objetivos específicos.....	29
4.	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1.	Plano amostral e característica das amostras.....	30
4.2.	Período de coleta.....	31
4.3.1.	Colheita das amostras.....	31
4.3.2.	Sangue.....	31
4.3.3.	Tecido hepático.....	32
4.4.	Determinação dos minerais.....	32
4.5.	Análise estatística.....	32
5.	RESULTADOS	34
6.	DISCUSSÃO	46
7.	CONCLUSÕES	54
8.	REFERÊNCIAS	55
9.	ANEXOS	64

1. INTRODUÇÃO

A caprino-ovinocultura tem se expandido nesta última década nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil. Esta última região possui um dos maiores rebanhos caprinos e ovinos, porém os índices zootécnicos estão abaixo dos de outras regiões. Dentre as principais causas da baixa produção e produtividade do rebanho, destaca-se a nutrição inadequada em determinadas épocas do ano. Durante o período seco, há uma acentuada queda na produção de forragens para os caprinos e ovinos criados em regime a pasto, associada a deficiências minerais e de vitaminas (GUIMARÃES et al., 1992).

Segundo Fuck, (2000) os trabalhos de pesquisa tem sido baseados no excesso ou deficiência dos nutrientes, porém a interpretação dos resultados pode ser comprometida pelo limitado conhecimento no que se refere a: fonte, biodisponibilidade, absorção de nutrientes, transporte e armazenamento corporal dos nutrientes, interação entre nutrientes, mecanismos de utilização celular e interações metabólicas dos diferentes estágios fisiológicos do animal como crescimento, lactação e reprodução.

Dentre as deficiências minerais a de Cu é considerada por diversos autores a segunda mais importante, ficando atrás somente da de P. Participando de diversos processos vitais e cofator de varias enzimas, sua deficiência desencadeia uma série de agravos como a ataxia enzoótica, doença que afeta o sistema nervoso de caprinos e ovinos. A deficiência de Cu pode ser causada pela alta concentração de outros minerais que atuam como antagonistas, como o Mo, Zn e Fe.

No Brasil, as únicas carências diagnosticadas na região semi-árida são a de Cu em ovinos e caprinos sob pastejo e a de selênio em ovinos confinados (RIET-CORREA, 2004). Para este mesmo autor, formular suplementos minerais para ovinos e caprinos no semi-árido é evidente a falta de dados experimentais. Algumas pesquisas importantes a serem desenvolvidas nesta área de conhecimento são mencionadas, considerando-se: diagnosticar as deficiências minerais inaparentes que ocorrem no semi-árido, mediante a determinação dos níveis de minerais em tecidos animais e forrageiras, além de determinar se a deficiência de Cu em ovinos e caprinos deve-se a baixos níveis de Cu nas pastagens ou a altos níveis de Mo, Fe, ou S.

Objetivou-se com este trabalho determinar a ocorrência e da carência de Cu no sertão de Pernambuco, estabelecendo se a carência é primária ou secundária, permitindo, desta forma, recomendar formas corretas de suplementação a fim de possibilitar medidas eficazes de melhoramento do agronegócio relacionado com a caprino-ovinocultura no Nordeste Brasileiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância dos elementos traços na saúde animal

O papel e importância do Cu no metabolismo animal são bem conhecidos. A deficiência e toxicidade do Cu em ruminantes ocorrem freqüentemente em muitas partes do mundo (MILTIMORE & MASON, 1971). O Cu é um elemento traço com grande facilidade de se oxidar através da perda de um elétron da sua última camada (SANTOS, 2006). É um componente essencial em dezenas de sistemas enzimáticos, responsável por processos como produção de energia, ação anti-radicais livres e formação da melanina e elastina (MOURA, 1997; BRIAN, 1997).

O Cu está relacionado com produção de hemoglobina, formação dos ossos, pigmentação do pêlo e da lã e também está envolvido no funcionamento do coração e do sistema nervoso central (GEORGIEVSKII et al., 1982; CARTILHA DO AGRICULTOR, 1982; KOLB, 1987; SILVA e BARUSELLI, 2001). Também ajuda no desenvolvimento de anticorpos e replicação de linfócitos (MOURA, 1997).

Entre as principais cuproenzimas importantes em diversas rotas metabólicas citam-se: citocromo C oxidase, lisil oxidase, ceramíde galactosil transferase, polifeniloxidase. Além de se apresentar em várias enzimas, o Cu está presente em algumas metaloproteínas como a ceruloplasmina, que regula a atividade da transferrina, e a metalotioneína, que entre várias outras funções regula a absorção do Zn e do próprio Cu (SANTOS, 2006).

Junto com o fósforo, o Cu é um dos elementos mais carentes em ruminantes criados em todos os continentes. 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 e Fe (ORTOLANI, 2002). Os dois primeiros microelementos citados podem interferir isoladamente ou em associação formando com o Cu fortíssima ligação metálica cujo complexo é insolúvel e indisponível. Estes mecanismos de ligação foram intensamente estudados nas últimas décadas por Underwood e Suttle, (1999).

De acordo com levantamentos de Castro et al., (2007), a intoxicação por Cu representa uma enfermidade de grande ocorrência no sul do país, sendo reportada também na região Nordeste e nos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. Em virtude de seu expressivo impacto econômico e da ampla distribuição geográfica de

ocorrência, os tópicos a seguir discorrem a respeito da intoxicação por Cu em ovinos e caprinos.

2.2. Metabolismo e *status* do Cu em ruminantes

Em ruminantes apenas um pequeno percentual (1-3%) do Cu da dieta é absorvido (McDOWELL, 1992). Suttle (1974), trabalhando com cordeiros em fase de aleitamento verificou uma absorção de 47%, enquanto que após o desmame a absorção foi de 10%. Dependendo da espécie estudada o Cu pode ser absorvido em todos os segmentos do trato gastrintestinal, embora alguns locais do intestino delgado tenham um maior papel na absorção do Cu, uma absorção considerável tem sido demonstrada no estômago de humanos e no intestino grosso de ovelhas (O'DELL e SUNDE, 1997).

A taxa de absorção é influenciada pela necessidade do organismo, pela forma química do elemento e pela quantidade de outros minerais que podem exercer efeito antagônico (GONZALES et al., 2000). Segundo Gooneratne e Christensen (1989) as necessidades de Cu podem aumentar em função da formação de hemoglobina, crescimento, pigmentação dos pêlos e lactação.

O Cu solúvel disponível é absorvido principalmente no intestino delgado, para tal, o Cu solúvel se liga na luz intestinal a determinados L-aminoácidos, secretados pelos enterócitos, que funcionam como carreadores de Cu para o interior do organismo. A proteína metalotioneína presente no enterócito regula a absorção de Cu da luz intestinal, sendo que quanto maior a quantidade de metalotioneína no enterócito menor a absorção deste microelemento (SANTOS, 2006; SANSINANEIA et al., 1994). No organismo o Cu se liga a albumina e é carreado para o fígado, que é o principal órgão de estoque. De acordo com as necessidades orgânicas, o Cu é incorporado a ceruloplasmina, sendo distribuído para toda economia animal (ORTOLANI, 2002).

Existem duas condições clínicas de extrema importância para a clínica médica relacionada com o Cu e seus antagonistas, trata-se de condições clínicas inerentes ao excesso e a carência do Cu. A intoxicação cúprica deve-se a uma menor capacidade de conjugação entre o Cu e a metalotioneína, diminuindo a excreção deste elemento no organismo, pela via biliar, e permitindo que o mesmo acumule-se no fígado (SOARES, 2004).

De acordo com Mills (1987), quando a ingestão de Cu pelo animal for inferior a sua necessidade fisiológica, a concentração de Cu e a atividade de ceruloplasmina no plasma não são reduzidas, até que o fígado tenha uma reserva de 40 mg/Kg.

A intoxicação por Cu pode ser caracterizada por duas fases, uma inaparente, durante a qual o Cu se acumula no fígado durante semanas ou meses, e outra fase aguda que ocorre em consequência da liberação do Cu acumulado (RIET-CORREA, 2001). A doença manifesta-se de diferentes maneiras nos rebanhos, podendo ser primária, relacionada à ingestão de quantidades excessivas do mineral, ou secundária na qual a enfermidade acomete animais mesmo sob condições de baixo consumo de Cu (RADOSTIS *et al.*, 2002).

Sem dúvida, os ovinos são a espécie mais susceptível a ICC, e por esta razão o metabolismo hepático tem sido amplamente estudado (HOWELL e GOONERATNE, 1987; BREMNER e BEATTIL, 1995). Os ovinos, diferentemente de outras espécies, não toleram regimes alimentares que contenham mais de 10 mg/kg de Cu. A absorção do Cu, nessa espécie, é regulada principalmente pelo Mb. No Rio Grande do Sul, os solos e pastagens contêm entre 5 - 10 mg/kg de Cu (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992), e não mais que 0.2 - 0.3 mg/kg de Mb (GAVILLON e QUADROS, 1966), estando esse elemento em condições limítrofes para indisponibilizar a absorção do Cu da pastagem.

Os ovinos intoxicados por Cu podem apresentar dois quadros clínicos distintos. O primeiro caracteriza-se pela intoxicação aguda, na qual o animal apresenta uma severa gastroenterite logo após uma alta ingestão de Cu. O segundo, denominado de intoxicação crônica, é o mais comum e caracteriza-se pelo acúmulo de Cu principalmente no fígado, sem manifestações de sinais clínicos; posteriormente sob algum fator desconhecido, o Cu é liberado causando uma hemólise maciça, icterícia e hemoglobinúria (SOLI, 1980, PILATI *et al.*, 1990; SOARES, 2004; ANTONELLI, 2007).

Com relação à carência de Cu, esta ocorre quando os animais ingerem o mineral em quantidades menores do que as suas necessidades ou quando são fornecidas dietas ou misturas minerais com proporções errôneas de elementos que competem entre si, dificultando a sua absorção. No entanto, a carência de um ou mais minerais pode não acarretar sinais clínicos e nem mesmo perdas na produção, reconhecendo-se pelo menos três estágios diferentes: depleção de minerais nos tecidos, doença inaparente e doença clínica (RIET-CORREA, 2004).

A hipocuprose é uma das deficiências de maior interesse em ruminantes, apresentando uma ampla variedade de sintomas e extensa distribuição geográfica, tanto no Brasil quanto em outras partes do mundo (MARQUES et al, 2003).

No Brasil há um bom conhecimento sobre as carências minerais em bovinos, assim como sobre as formas eficientes e econômicas de suplementação nesta espécie (MCDOWELL, 1999; TOKARNIA et al., 2000). Porém, em ovinos e caprinos, o conhecimento sobre carências minerais é limitado e pouco se sabe sobre as formas corretas de suplementação. Na região semi-árida o que se constata é a recomendação de misturas minerais denominadas “completas” durante todo o ano, indiscriminadamente, tanto em animais a pasto quanto em animais confinados ou semi-confinados.

Frequentemente se suplementam minerais que não são necessários e, inclusive, atuam como antagonistas para outros minerais, por exemplo: Fe que antagoniza P e Cu; Ca que antagoniza P, Mg, Fe, I, Zn e Mn; Mo que antagoniza Cu; e S que antagoniza Cu e Se. Quando se agrega Fe, Mo ou S nas misturas aumenta-se as necessidades de Cu e quando se agrega Cu ou S, para suprir todas às necessidades do animal, aumentam-se as possibilidades de intoxicação, por que não se conta com o Cu e S contidos nas outras fontes de alimentação (SOUSA, 1981; MCDOWELL, 1999; TOKARNIA et al., 1999).

Os efeitos adversos de aumento do Mo e S dietéticos sobre a utilização de Cu pelos ruminantes têm sido atribuídos à formação de tiomolibdatos (TMs) no ambiente ruminal rico em sulfeto. Os efeitos sistêmicos dos TMs envolvem principalmente a inibição do metabolismo do Cu (MILTIMORE & MASON, 1971).

O efeito do excesso de Mo na deficiência do Cu e no desequilíbrio desses dois metais e o S na alimentação é um problema nutricional complexo em ruminantes dependendo do número de variáveis, incluindo espécie e idade dos animais (HAINLINE e RAJAGOPALON, 1983; MILLS e DAVIS, 1987). Um aumento de sulfato na dieta ovina de 0,1 a 0,4% pode potencializar um teor de Mo muito baixo, como 2 mg/Kg (0,02 mmol/Kg) para reduzir a absorção do Cu abaixo dos níveis normais (RADOSTITIS, 2002). Já o aumento na ingestão de S reduz a acumulação de Cu e Se no fígado de ruminantes (VAN RYSSSEN et al., 1998), possibilitando, também, inferir sobre a condição de deficiência secundária do Cu.

Varques et al. (2001) acrescentam que alguns agentes que competem com o Mo pelo sulfato no rúmen influenciam, provavelmente, o curso da interação Cu - Mo -

S. O Fe é potencialmente o exemplo mais importante para animais em pastagem, porque grandes quantidades de Fe são ingeridas através dos solos e provavelmente uma fração se ligue ao sulfato. A alta ingestão de Fe pelos ruminantes interfere na absorção do Cu dietético por dois mecanismos, ou seja, aumentando a combinação deste com o sulfeto no rúmen e por meio da adsorção do Cu no trato gastrintestinal, formando um complexo insolúvel, que implica num aumento de eliminação de Cu nas fezes. Ensaios experimentais com ovinos demonstraram que a ingestão diária de 800 mg/kg de Fe já poderia provocar grande depleção no estoque de Cu (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

Segundo Underwood e Suttle (1999) quanto maior for à quantidade de S na dieta maior será o antagonismo do Fe sobre a disponibilidade do Cu para ruminantes. Tal hipótese necessita ser mais bem estudada, pois no trabalho de Marques et al (2003), ocorreu a carência de Cu, mesmo sem existir a concomitante alta ingestão de S nos bovinos, apenas a de Fe.

Muito recentemente, em estudo sobre doenças do sistema nervoso central em caprinos e ovinos no semi-árido, Guedes et al., (2007) encontraram freqüência de 3,17% de casos de ataxia enzoótica, retratando a importância de melhor estudar esta doença nas condições do semi-árido, como já existe em outras regiões do Brasil. No estudo histológico foi observada degeneração Walleriana da substância branca da medula, principalmente nos funículos ventrais. A coloração de azul rápido de luxol evidenciou a perda de mielina na substância branca nos cortes de medula. Os teores séricos de Cu estavam bem abaixo do normal para a espécie caprina (1,61 – 1,29 $\mu\text{mol/L}$).

A AE é caracterizada pela desmielinização do sistema nervoso central e pelos sintomas de cambaleio dos membros posteriores e, em menor grau, dos anteriores, paralisia flácida ou espástica, incapacidade total de locomoção e morte. São descritos dois tipos de AE, baseados no local da lesão e na cronologia do quadro. A forma congênita é marcada pela destruição da substância branca cerebral e acomete neonatos nos primeiros dias de vida e a forma tardia é caracterizada pelas lesões no tronco encefálico e tratos motores da medula espinhal, com ocorrência após a 3ª semana de vida (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). Nos dois tipos de AE, há depleção de Cu no organismo tanto da fêmea prenhe como dos neonatos, o que acarreta mielinização imperfeita do sistema nervoso do recém-nascido devido à

menor atividade da citocromo C oxidase e da ceramida galactosil transferase e da produção de fosfolípidos, importantes na síntese da mielina (HOWELL e GOWTHORNE, 1987).

Os ruminantes em pastejo recebem das forragens a maioria de suas necessidades em macro e microelementos. As plantas, por sua vez, dependem do solo como fonte de nutrientes minerais que vão repassar aos animais. Portanto, o conhecimento dos teores minerais existentes nas plantas forrageiras durante o ano reflete com grande exatidão a quantidade de nutrientes que os animais recebem para sua manutenção e produção. A relação solo-planta é direta, devendo, esta última, obter todos os nutrientes do solo com que está em contato (PRADA et al., 1998).

Riet-Correa et al. (2001) e Silva et al. (2004) citaram que é difícil estabelecer com precisão as exigências dos ruminantes com relação ao elemento Cu, em decorrência dos diversos fatores que atuam na disponibilidade desse mineral nos alimentos e na sua utilização pelos animais. Os ruminantes, em pastejo, frequentemente estão sujeitos a severas deficiências dietéticas de minerais, por isso o conhecimento da constituição mineral das pastagens naturais reveste-se de grande importância, especialmente em regiões de criação extensiva, nas quais o principal componente dietético dos animais são as pastagens naturais. (SENGER, et al, 1997).

As inter-relações entre solo-planta-animal são bastante complexas e merecem uma atenção especial, a fim de se poderem atingir os melhores índices de produtividade das plantas forrageiras e conseqüentemente, na produção animal (FILAPPI et al., 2005). Por meio de revisão literária, os únicos estudos registrados com elementos minerais em Pernambuco foram desenvolvidos por Horowitz e Silveira Dantas (1966); Horowitz e Silveira Dantas (1968) e Horowitz e Silveira Dantas (1973), quando realizaram estudo geoquímico dos elementos minerais nos solos da Zona da Mata deste Estado. Os mesmos encontraram deficiências de Cu, Co e Mn. Estes autores recomendaram a inclusão destes elementos na adubação dos solos nos quais se esperam sintomas de deficiências nas pastagens e animais, além de que recomenda a realização de trabalhos no sentido de determinar o conteúdo deste e outros elementos nas pastagens e nos animais, o que permitirá em função destes estudos na região de pecuária leiteira do Estado, de forma

estratégica, que se possam elaborar protocolos de correção das deficiências identificadas por meio das investigações científicas, objetivando-se melhorar os índices produtivos.

Segundo Riet-Correa, (2001) a deficiência de Cu é, sobretudo, um problema de animais de pastoreio, pela baixa disponibilidade deste elemento nas pastagens, já que, mesmo com uma concentração de Cu adequada, é reduzida a quantidade que pode ser absorvida pelo organismo a partir das mesmas. Pastagens deficientes em Cu são produzidas em solos arenosos, pobres em matéria orgânica e muito desgastados, como as áreas de costas marítimas ou fluviais que, além de serem pobres em Cu, provavelmente são, também, em outros microelementos, como o Co.

2.3. Situação da deficiência mineral no nordeste

Tokarnia et al. (2000), descreveram que as deficiências minerais estão ligadas a certas áreas geográficas, as quais são capazes de causar prejuízos econômicos sérios, interferindo na produtividade dos animais e que tal aspecto se faz relevante, uma vez que dos inúmeros trabalhos em que já foram mapeados os elementos traços, considerados essenciais, no estado de Pernambuco ainda não tem registro. Tokarnia et al, (1999) apresentaram uma revisão dos estudos realizados no Brasil durante o período de 1987 a 1998, mostrando que grande parte dos estados apresentam-se com histórico de deficiências (Figuras 1 e 2). Particularmente em relação aos estados do Nordeste, é possível verificar que os elementos deficientes diagnosticados até o presente momento são: P, Cu, Co, Mn e Zn.

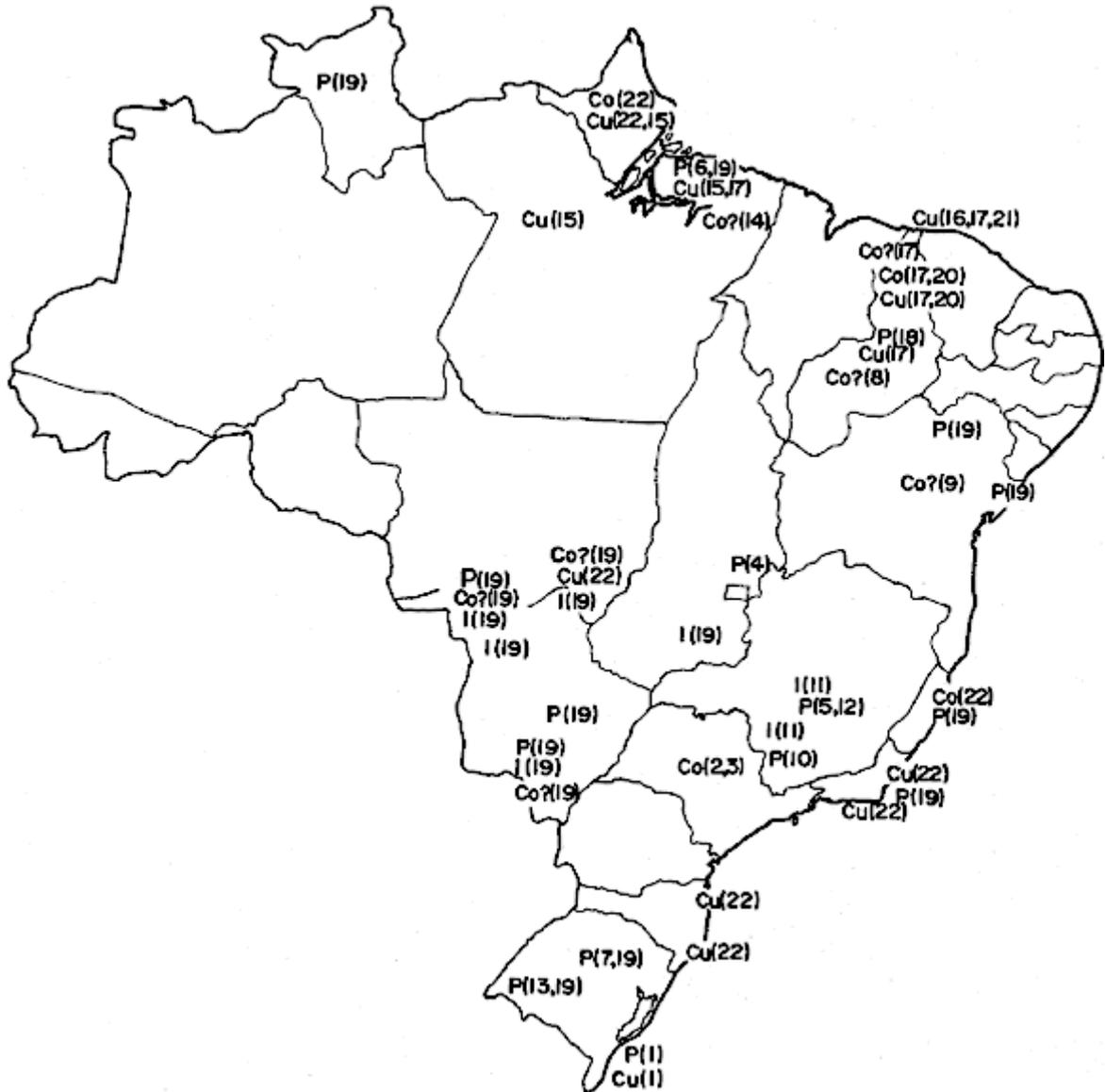


Figura 1 - Deficiências diagnosticadas no Brasil até 1976. Fonte: (TOKARNIA et al., 1999).

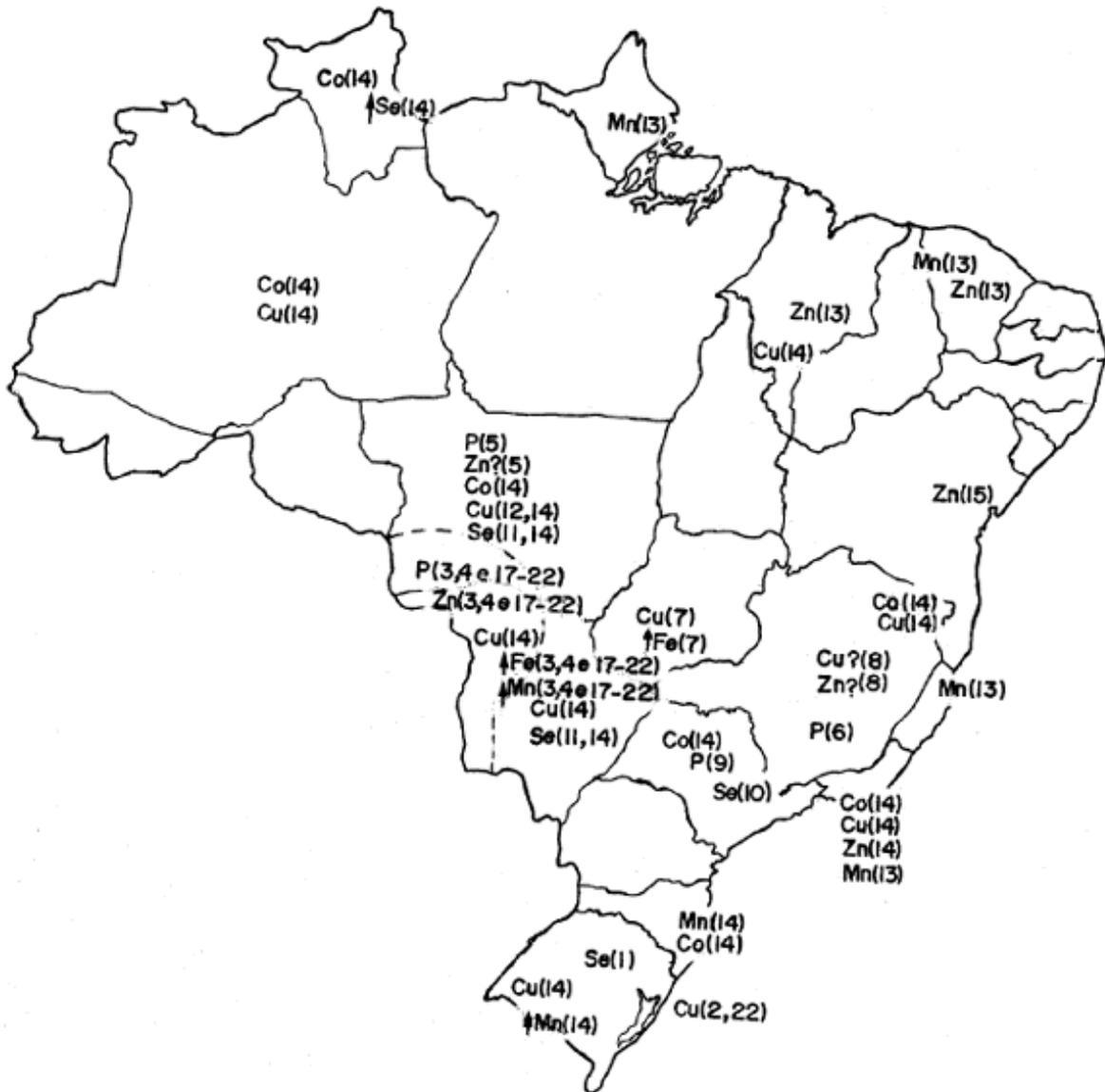


Figura 2 - Deficiências e desequilíbrios minerais em Bovinos e Ovinos diagnosticados no Brasil de 1987 a 1998. Fonte: (TOKARNIA et al., 1999).

Trabalhos pioneiros no Brasil sobre mineralogia foram realizados sob a perspectiva do patologista, ou seja, estudavam-se, sobretudo as doenças de etiologia desconhecida, possivelmente causadas por deficiências minerais (TOKARNIA et al., 2000).

As únicas deficiências diagnosticadas em caprinos e ovinos no semi-árido são a carência de Cu em animais em pastejo (RIET-CORREA, 2004; SANTOS et al., 2006) e a de Se em animais confinados (RIET-CORREA, 2004) considerando o que se observa no mapa do Brasil (figuras 1 e 2), onde estão registrados os estados brasileiros e os respectivos macro e micro-elementos deficientes. Para este mesmo autor, é fato considerar a importância de se caracterizar o status destes nutrientes no semi-árido nordestino, possibilitando conhecer os aspectos da deficiência que estes nutrientes possam inferir sobre os aspectos produtivos e reprodutivos do contingente de caprinos e ovinos disponíveis no semi-árido Nordeste, possibilitando-se, contudo, um controle mais efetivo dessas carências em diferentes sistemas de criação, particularmente no estado de Pernambuco.

Muito embora as análises de solo e de plantas forrageiras sejam técnicas de grande relevância para o mapeamento regional das deficiências ou toxicidade dos minerais, elas são de difícil interpretação, devido a grande interação existente entre os elementos envolvidos, além de serem de difícil execução (MCDOWELL, 1992).

Underwood e Suttle (1999) reportam que as dosagens químicas do tecido animal na maioria das vezes são suficientes para o diagnóstico do problema carencial, podendo assim ser efetuada a interpretação dos resultados com razoável rapidez e com um menor risco de erro. Cabe ressaltar ainda que no diagnóstico dos desequilíbrios minerais, as variações ambientais sazonais devem ser consideradas para que se obtenham resultados de maior clareza na interpretação (CARDOSO, 1997). Cerca de 40 a 70% do Cu absorvido é estocado no fígado, de onde é liberado quando há redução do consumo (CORAH e IVES, 1991). A análise de amostras de fígado é confiável para avaliar a condição orgânica do Cu, bem como de outros elementos (TOKARNIA et al., 1999).

Torna-se importante estabelecer diagnóstico de situação da deficiência de macro e micro-elementos em ruminantes nos diferentes estados do Nordeste, uma vez que se sabe da escassa literatura que revela que são poucos os estados com adequados registros de delineamentos experimentais capazes de categorizar, por

meio de análises de diferentes materiais biológicos bem como solo e forragens, as deficiências ou mesmo excessos destes nutrientes, uma vez que muitos destes podem definir doenças nos animais de interesse pecuário, pela deficiência “per si” de algum elemento ou mesmo ação antagônica de um ou mais elementos.

Com o conhecimento dos elementos essenciais deficientes, é possível estabelecer medidas de controle com a utilização de suplementos seletivos, os quais são, atualmente, mais requeridos para os diferentes sistemas de criação de ovinos e caprinos; ainda que estes sejam possíveis de serem elaborados, mediante análises da tríade solo-planta-animal, a custo menor de produção e de fácil acessibilidade, particularmente para os que vivem da agricultura familiar.

A região Nordeste é detentora de grande impacto no agronegócio da caprino-ovinocultura e, com isto, torna-se relevante estudar um indicador tão importante do agronegócio como a nutrição mineral, em destaque tão especial quanto a nutrição energética e protéica.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Estudo dos elementos traços essenciais (Cu, Fe, Mo e Zn) em soro e fígado de ovinos e caprinos criados nos estados de Pernambuco.

3.2. Objetivos específicos

Conhecer os teores de Cu e seus antagonistas (Mo, Fe e Zn) em materiais biológicos de ovinos e caprinos, criados na região sertão do estado de Pernambuco, considerando os fatores: sazonalidade, espécie e sexo;

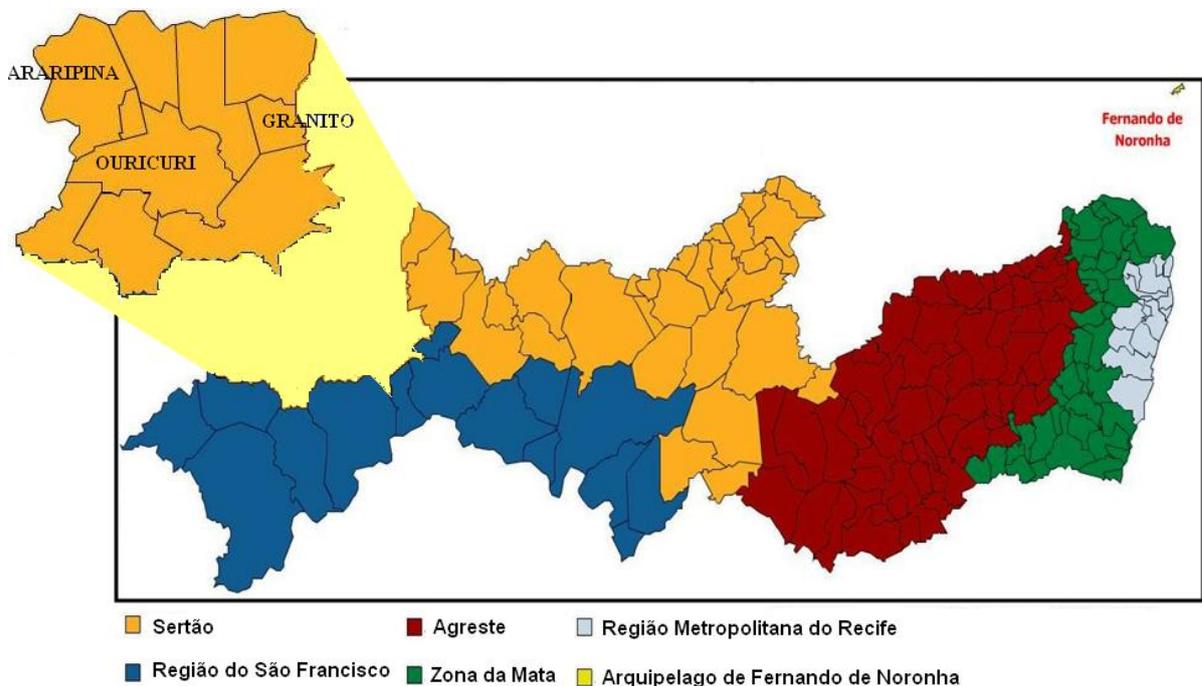
Averiguar se existe deficiência de Cu e se seu status está diretamente relacionado com a ação de elementos considerados antagonistas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Plano amostral e característica das amostras

As amostras de diferentes matrizes biológicas foram obtidas de animais encaminhados ao abatedouro da microrregião de Araripina situado na região sertão do estado de Pernambuco. Para relacionar os dados com a procedência dos animais, utilizou-se a divisão do estado em regiões, conforme estabelecido pelo Instituto de Defesa Agropecuária do estado de Pernambuco (Figura 3).

Foi realizado um inquérito, antes do abate dos animais, para caracterizar o sexo, estrato etário, escore nutricional e localidade da propriedade no município em questão. Tais informações foram úteis para caracterizar o critério de inclusão, considerando-se animais abatidos nos respectivos Estado, em estabelecimentos sob o Serviço de Inspeção Federal (SIF) ou Serviço de Inspeção Sanitária Estadual (SISE) e animais procedentes dos municípios que compõem a região sertão.



Fonte: http://www.pousadapeter.com.br/mapa_pernambuco_mapas_map_maps.htm

Figura 3 – Identificação das áreas referentes ao local de coleta do material biológico

As amostras de fígado e soro dos animais foram obtidas considerando-se os municípios de Granito, Araripina e Ouricuri na região sertão do estado de PE. Para tal região, foi efetivada amostragem de animais de ambos os sexos, espécies e por período sazonal, totalizando 141 amostras de ambos os materiais biológicos.

4.2. Período de coleta

A coleta de amostras foi realizada, pelo médico veterinário responsável, em dois períodos (seco e chuvoso), considerando o terço final de cada um destes períodos, objetivando-se adequação do delineamento para caracterizar amostras obtidas no período de disponibilidade de nutrientes e no período de mobilização das reservas, pela escassez de alimentos.

Para caracterizar os períodos de seco e chuvoso na região em questão, obtiveram-se registros de dados de temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica junto ao Instituto Nacional de Meteorologia, definidos pela média dos últimos 20 anos. Os dados foram necessários para definição dos tempos de colheita de amostras de sangue e fígado para análises laboratoriais.

Nos abatedouros, os animais foram escolhidos ao acaso, dentro de um lote, pelo Médico Veterinário do Serviço de Inspeção Sanitária do estabelecimento, conforme o município de procedência do animal.

4.3. Colheita das amostras

4.3.1. Sangue

Foram colhidas amostras de sangue, por venopunção jugular, em tubos para coleta a vácuo, sem anticoagulante, para obtenção de soro. As amostras sanguíneas permaneceram em repouso, à temperatura ambiente, para a retração do coágulo e, em seguida, as mesmas foram centrifugadas por período de 15 minutos a 500G. As alíquotas de soro foram, posteriormente, acondicionadas em tubos de polipropileno (2mL) armazenadas à temperatura de -20° C, para posterior análise mineral.

4.3.2. Tecido hepático

As amostras de fígado foram obtidas por meio de corte do órgão, em cerca de 50 gramas, sendo postas sobre papel filtro, para retirada do excesso de sangue e alocadas em sacos plásticos, devidamente identificados, e armazenados em freezer a -20°C .

4.4. Determinação dos minerais

Para a determinação em espectrometria de absorção atômica acoplado a massa dos elementos no soro, estes foram diluído de 6,0 a 20,0 x com água Milli-Q, segundo Solaiman et al. (2001). Quanto às amostras de fígado, primeiramente procedeu-se com fragmentação com uso de lâmina de bisturi e alocadas dentro de vidro relógio (matéria úmida) para posterior secagem em estufa a 103°C , por período de 24 horas, para obtenção da matéria seca. Após tal procedimento, todas as amostras foram pesadas em balança analítica. Todos os pesos foram registrados em protocolo individual e, por conseguinte, tais amostras foram colocadas em tubos de boro-silicato contendo ácido nítrico-perclórico (4:1 v/v) e mantidos em repouso por 12 horas. Na sequência, os tubos foram alocados em bloco digestor a temperatura de 150°C . Ao término da digestão, foi adicionado volume de 10 mL de ácido clorídrico 0,1 N, depositado em recipiente plástico, hermeticamente lacrado e encaminhado ao laboratório para procedimentos analíticos (Tebaldi et al., 2000).

Os elementos (Cu, Mo, Fe e Zn) foram determinados por espectrometria de absorção atômica acoplado a massa, utilizando-se aparelho modelo SpectrAA – 200 G (Miles et al., 2001) (Tabela 1).

4.5. Análise estatística

As variáveis estudadas foram descritas por meio das médias e desvios-padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) que separou como causa de variação o efeito de períodos sazonal, espécie e sexo. Nos casos em que houve significância no teste F as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Duncan. Os dados foram analisados por meio do programa computacional Statistical Analysis System Institute, SAS, (2000), utilizando-se o

procedimento GLM (General Linear Model) do SAS. Para todas as análises estatísticas realizadas foi adotado o nível de significância (P) de 5%. O modelo utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = P + E + S + PES + E_{ij},$$

onde:

Y_{ij} = valor observado;

P = efeito do período sazonal;

E = efeito da espécie;

S = efeito do sexo;

PES = Interação período sazonal x espécie x sexo;

E_{ij} = erro.

Em seqüência realizou-se nova análise de variância para avaliar as diferenças entre os fatores sexo e período sazonal por espécie (ovina e caprina) separadamente, segundo modelo:

$$Y_{ij} = P + S + E_{ij},$$

onde:

Y_{ij} = valor observado;

P = efeito do período sazonal;

S = efeito do sexo;

E_{ij} = erro.

5. RESULTADOS

Os resultados encontram-se apresentados nas Tabelas 1 e 3, onde estão presentes as fontes de variação, valor de F da análise de variância e nível de *P* dos elementos estudados tanto no soro quanto no fígado, respectivamente. Já nas Tabelas 2 e 4, são observadas os valores médios e os desvios-padrão dos elementos estudados nos diferentes materiais biológicos, considerando os fatores período sazonal, espécie e sexo, de animais criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil.

Os teores séricos de Cu não sofreram influência do fator período sazonal ($P > 0,3256$), porém foram influenciados pelos fatores espécie ($P < 0,0008$) e sexo ($P < 0,0001$). Quanto ao elemento Fe, também não houve influência do fator sazonal ($P > 0,4271$), verificando-se efeito em relação aos fatores espécie ($P < 0,0001$) e sexo ($P < 0,0001$) (Tabela 1).

Os teores séricos de Mo não foram influenciados pelos fatores período ($P > 0,0968$), espécie ($P > 0,2070$) e sexo ($P > 0,6460$). Os teores de Zn sérico foram influenciados pelo fator período ($P < 0,0475$), porém sem influências dos fatores espécie ($P > 0,9211$) e sexo ($P > 0,5464$) (Tabela 1).

Tabela 1- Fontes de variação, valor de F da análise de variância e nível de *P* de Cu, Fe, Mo e Zn do soro de ovinos e caprinos abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010

Fatores da ANOVA*			
Elementos	Fontes de Variação	Valor de F	Pr > F
Cu	Período	0,97	0,3256
	Espécie	11,75	0,0008
	Sexo	21,03	0,0001
Fe	Período	0,63	0,4271
	Espécie	26,36	0,0001
	Sexo	17,10	0,0001
Mo	Período	2,80	0,0968
	Espécie	1,61	0,2070
	Sexo	0,21	0,6460
Zn	Período	4,00	0,0475
	Espécie	0,01	0,9211
	Sexo	0,37	0,5464

*Fontes de variação com significância no teste F da análise de variância

Verifica-se, na Tabela 2, que no fator período sazonal menor concentração sérica de Zn foi observada no período de seca ($10,62 \pm 6,34 \mu\text{mol/L}$) em relação ao período de chuva ($12,85 \pm 6,57 \mu\text{mol/L}$). Quanto ao fator espécie, menor concentração sérica de Cu foi observada nos animais da espécie ovina ($9,58 \pm 2,52 \mu\text{mol/L}$) em relação aos caprinos ($11,55 \pm 2,68 \mu\text{mol/L}$). Já a menor concentração sérica de Fe foi observada nos caprinos ($25,06 \pm 8,10 \mu\text{mol/L}$) do que nos ovinos ($35,58 \pm 14,89 \mu\text{mol/L}$).

Em relação ao fator sexo, menor concentração sérica de Cu foi observada nos machos ($9,58 \pm 2,52 \mu\text{mol/L}$) em relação às fêmeas ($11,55 \pm 2,68 \mu\text{mol/L}$) e menor concentração sérica de Fe foi observada nas fêmeas ($27,02 \pm 9,61 \mu\text{mol/L}$) com relação aos machos ($35,25 \pm 15,29 \mu\text{mol/L}$).

Quanto aos demais elementos Cu, Fe e Mo no fator período sazonal; Mo, e Zn no fator espécie; e Mo e Zn no fator sexo, esses foram análogos, com significância maior que 0,05 % de probabilidade.

Tabela 2 - Estatística descritiva e níveis de significância dos elementos Cu, Fe, Mo e Zn no soro de ovinos e caprinos nos fatores período, espécie e sexo, criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010

Variáveis	Estatística	Fatores					
		Período		Espécie		Sexo	
		Seca	Chuva	Ovino	Caprino	Macho	Fêmea
Cu (µmol/L)	Média	10,15 ^A	10,57 ^A	9,85 ^B	11,37 ^A	9,58 ^B	11,55 ^A
	DP	2,64	2,85	2,71	2,57	2,52	2,68
	Mediana	9,58	10,16	9,39	11,18	9,35	11,0
	P ₂₅	8,45	8,95	8,08	9,55	7,97	9,41
	P ₇₅	11,49	12,43	11,69	12,49	11,41	13,66
Fe (µmol/L)	Média	32,77 ^A	31,20 ^A	35,58 ^A	25,06 ^B	35,25 ^A	27,02 ^B
	DP	14,23	13,58	14,89	8,10	15,29	9,61
	Mediana	30,59	28,47	34,66	23,04	34,62	26,83
	P ₂₅	22,74	22,64	26,99	19,93	24,36	20,65
	P ₇₅	39,92	37,52	41,42	30,52	41,65	31,35
Mo (µmol/L)	Média	0,32 ^A	0,28 ^A	0,31 ^A	0,28 ^A	0,31 ^A	0,29 ^A
	DP	0,16	0,14	0,16	0,11	0,17	0,12
	Mediana	0,29	0,22	0,22	0,25	0,22	0,25
	P ₂₅	0,21	0,21	0,21	0,20	0,21	0,20
	P ₇₅	0,38	0,35	0,40	0,33	0,38	0,35
Zn (µmol/L)	Média	10,62 ^B	12,85 ^A	11,90 ^A	11,79 ^A	11,58 ^A	12,26 ^A
	DP	6,34	6,57	6,07	7,42	7,10	5,68
	Mediana	10,18	11,61	10,98	9,84	10,42	10,77
	P ₂₅	7,16	8,10	7,84	7,44	8,07	7,56
	P ₇₅	11,89	16,82	13,57	12,53	12,84	17,13

* Letras maiúsculas distintas na mesma linha, dentro de cada fator (período, espécie e sexo), diferem ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores hepáticos de Cu não foram influenciados pelos fatores período ($P > 0,1575$) e espécie ($P > 0,7743$), porém foi influenciado pelo fator sexo ($P < 0,0133$). Com relação ao Fe, este foi influenciado pelos fatores período ($P < 0,0217$) e espécie ($P < 0,0033$), e não sofreu influência do fator sexo ($P > 0,3692$). Quanto aos teores hepáticos de Mo, não houve influência dos fatores período ($P > 0,6326$), espécie ($P < 0,0280$) e sexo ($P > 0,5682$). O Zn hepático sofreu influência do fator período ($P < 0,0280$) e não sofreu influência do fator espécie ($P > 0,4842$) e do fator sexo ($P > 0,8653$) (Tabela 3).

Tabela 3- Fontes de variação, valor de F da análise de variância e nível de P de Cu, Fe, Mo e Zn do fígado de ovinos e caprinos abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010

Elementos Traços	Fatores da ANOVA*		
	Fontes de Variação	Valor de F	Pr > F
Cu (mg/Kg)	Período	2,02	0,1575
	Espécie	0,08	0,7743
	Sexo	6,30	0,0133
Fe (mg/Kg)	Período	5,39	0,0217
	Espécie	8,97	0,0033
	Sexo	0,81	0,3692
Mo (mg/Kg)	Período	0,23	0,6326
	Espécie	4,83	0,5296
	Sexo	0,33	0,5682
Zn (mg/Kg)	Período	4,93	0,0280
	Espécie	0,49	0,4842
	Sexo	0,03	0,8653

*Fontes de variação com significância no teste F da análise de variância

Menor concentração hepática de Fe foi registrada no período de seca ($169,23 \pm 109,89$ mg/kg) do que no período de chuva ($210,00 \pm 101,52$ mg/kg). Quanto ao Zn, menor concentração hepática também foi observada no período de seca ($117,81 \pm 5258$ mg/kg) do quando comparado com o período de chuva ($137,46 \pm 51,52$ mg/Kg). Quanto à espécie, menor concentração de Fe foi observada nos animais da espécie caprina ($156,10 \pm 55,99$ mg/Kg) do que os da espécie ovina ($210,53 \pm 121,99$ mg/Kg).

No fator sexo, menor concentração hepática de Cu foi observada nos machos ($9,58 \pm 2,52$ μ mol/Kg) em relação às fêmeas ($11,55 \pm 2,68$ μ mol/Kg). Quanto ao Cu e Mo no fator período; Cu, Mo e Zn no fator espécie e Fe, Mo e Zn no fator sexo, estes foram análogos, com significância maior que 0,05 % de probabilidade (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatística descritiva e níveis de significância dos elementos Cu, Fe, Mo e Zn no fígado de ovinos e caprinos nos fatores período, espécie e sexo, criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010

Variáveis	Estatística	Fatores					
		Período		Espécie		Sexo	
		Seca	Chuva	Ovino	Caprino	Macho	Fêmea
Cu (mg/Kg)	Média	172,10 ^A	143,69 ^A	158,45 ^A	152,46 ^A	135,56 ^B	186,14 ^A
	DP	94,85	99,42	83,05	79,58	96,19	98,10
	Mediana	123,28	125,18	109,50	142,94	115,99	140,82
	P ₂₅	85,56	74,10	60,41	92,51	65,62	83,05
	P ₇₅	203,13	207,89	201,87	216,91	197,10	233,43
Fe (mg/Kg)	Média	169,23 ^B	210,00 ^A	210,53 ^A	156,10 ^B	198,13 ^A	182,27 ^A
	DP	109,89	101,52	121,99	55,99	72,96	78,48
	Mediana	148,00	187,77	182,60	149,62	166,32	152,05
	P ₂₅	109,28	135,05	121,84	132,65	116,70	134,64
	P ₇₅	191,71	261,65	259,32	170,81	233,52	223,81
Mo (mg/Kg)	Média	7,37 ^A	7,69 ^A	8,10 ^A	6,53 ^A	7,71 ^A	7,31 ^A
	DP	4,18	4,10	4,01	4,13	4,02	4,09
	Mediana	9,29	9,36	9,82	6,83	9,76	8,81
	P ₂₅	2,89	3,21	3,83	2,70	3,21	3,19
	P ₇₅	10,92	11,00	11,29	10,03	11,06	10,79
Zn (mg/Kg)	Média	117,81 ^B	137,46 ^A	126,43 ^A	132,91 ^A	128,05 ^A	129,57 ^A
	DP	52,58	51,52	51,50	55,28	53,31	52,36
	Mediana	103,02	130,67	111,79	119,45	110,46	120,05
	P ₂₅	89,90	104,88	95,54	104,56	96,58	102,57
	P ₇₅	128,55	152,98	145,76	152,70	149,50	150,60

* Letras minúsculas distintas na mesma coluna, dentro de cada fator, diferem ao nível de 5% de probabilidade.

Maior média do Cu sérico foi registrado nas fêmeas em relação aos machos ($p < 0,0153$), e menor concentração de Fe nos machos do que nas fêmeas ($p < 0,0212$) (Tabela 5; Gráficos 1 e 2). No fator período sazonal, verificou variação significativa do Zn sérico ($p < 0,0034$) no período de chuva do que no período de seca (Tabela 5; Gráfico 3). Já em relação aos caprinos, maior concentração sérica de Cu foi registrado nas fêmeas em relação aos machos ($p < 0,0096$) (Tabela 5; Gráfico 1).

Quanto à concentração hepática dos minerais na espécie ovina, também foi observada maior concentração de Cu nas fêmeas em relação aos machos ($p < 0,0136$) (Tabela 5; Gráfico 4), enquanto que no período sazonal, verificou-se variação significativa dos minerais Fe ($p < 0,0458$) e Zn ($p < 0,0034$), sendo que maiores médias foram observadas no período de chuvas do que na seca, respectivamente (Tabela 5; Gráfico 5).

Tabela 5 - Valores médios de minerais (Cu, Fe, Mo e Zn) do soro e fígado de ovinos e caprinos, em relação ao sexo e período sazonal, criados e abatidos no sertão do estado de Pernambuco, Brasil

Minerais	SORO ($\mu\text{mol/L}$)							
	OVINOS				CAPRINOS			
	SEXO		PERÍODO		SEXO		PERÍODO	
	F	M	Seca	Chuva	F	M	Seca	Chuva
Cu	10,92 \pm 2,56 ^a	9,42 \pm 2,67 ^b	9,22 \pm 2,34 ^a	10,3 \pm 2,89 ^a	12,10 \pm 2,70 ^a	10,14 \pm 1,80 ^b	11,74 \pm 2,36 ^a	11,05 \pm 2,74 ^a
Fe	29,92 \pm 11,06 ^b	37,85 \pm 15,68 ^a	36,99 \pm 15,00 ^a	34,52 \pm 14,86 ^a	24,59 \pm 7,56 ^a	25,86 \pm 9,12 ^a	25,61 \pm 9,35 ^a	24,57 \pm 6,96 ^a
Mo	0,32 \pm 0,16 ^a	0,31 \pm 0,17 ^a	0,33 \pm 0,18 ^a	0,30 \pm 0,15 ^a	0,28 \pm 0,08 ^a	0,28 \pm 0,14 ^a	0,31 \pm 0,12 ^a	0,26 \pm 0,10 ^a
Zn	13,92 \pm 6,74 ^a	11,38 \pm 5,74 ^a	9,79 \pm 3,02 ^b	13,48 \pm 7,22 ^a	11,49 \pm 4,58 ^a	12,30 \pm 10,86 ^a	12,01 \pm 9,61 ^a	11,60 \pm 4,93 ^a
Minerais	FIGADO (mg/Kg)							
	OVINOS				CAPRINOS			
	SEXO		PERÍODO		SEXO		PERÍODO	
	F	M	Seca	Chuva	F	M	Seca	Chuva
Cu	218,61 \pm 93,49 ^a	133,45 \pm 92,37 ^b	185,10 \pm 88,28 ^a	137,95 \pm 87,04 ^a	157,87 \pm 78,78 ^a	143,15 \pm 82,36 ^a	155,20 \pm 93,40 ^a	149,37 \pm 62,33 ^a
Fe	205,81 \pm 92,61 ^a	212,50 \pm 92,90 ^a	186,20 \pm 30,02 ^b	229,25 \pm 83,15 ^a	161,77 \pm 57,76 ^a	146,26 \pm 52,93 ^a	170,52 \pm 56,91 ^a	139,73 \pm 51,30 ^a
Mo	7,44 \pm 4,17 ^a	8,36 \pm 3,94 ^a	8,27 \pm 3,97 ^a	7,96 \pm 4,07 ^a	7,21 \pm 4,07 ^a	5,35 \pm 4,06 ^a	7,17 \pm 4,09 ^a	5,80 \pm 4,14 ^a
Zn	119,67 \pm 32,96 ^a	129,23 \pm 57,46 ^a	109,96 \pm 30,23 ^b	139,10 \pm 60,45 ^a	138,20 \pm 64,04 ^a	123,80 \pm 35,37 ^a	134,20 \pm 26,58 ^a	131,45 \pm 76,55 ^a

* Letras minúsculas distintas na mesma linha, dentro de cada fator (sexo e período), diferem ao nível de 5% de probabilidade.

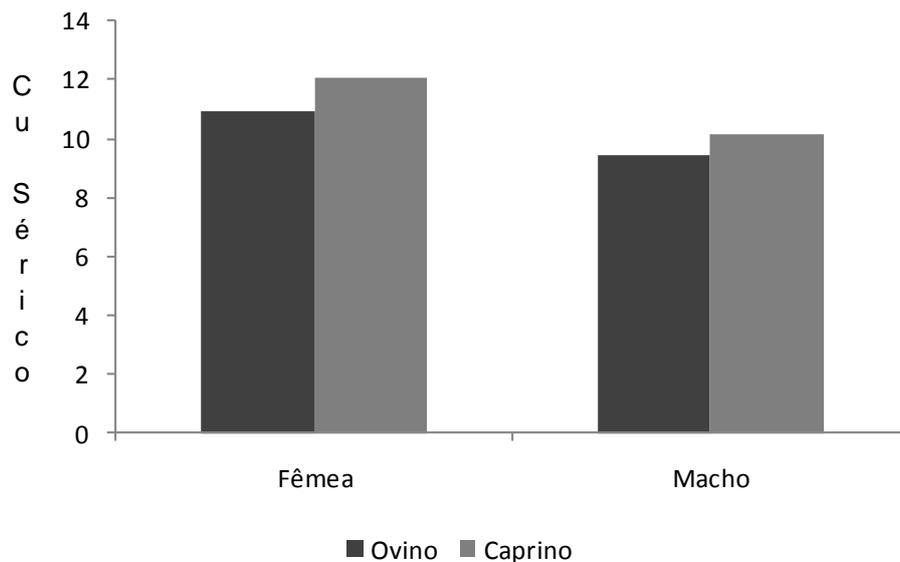


Gráfico 1 - Médias da concentração sérica de Cu ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos e caprinos, quanto ao sexo, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil

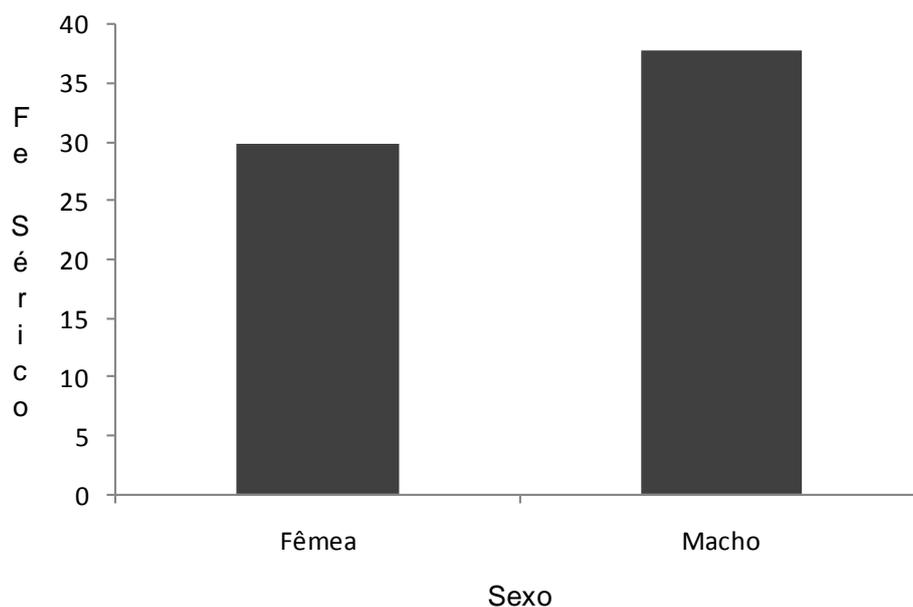


Gráfico 2 - Médias da concentração sérica de Fe ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos e caprinos, quanto ao sexo, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil

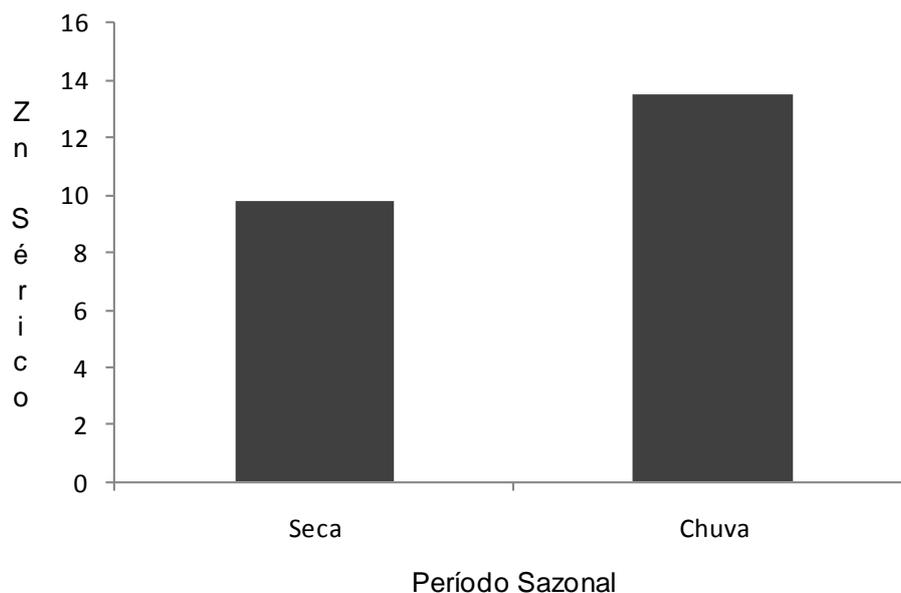


Gráfico 3 - Médias da concentração sérica de Zn ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos e caprinos, quanto ao período sazonal, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil

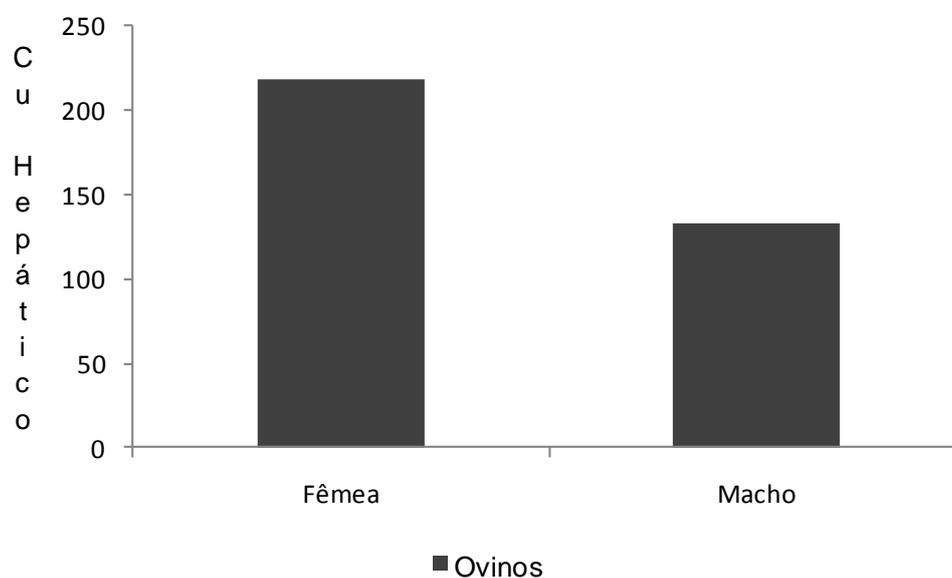


Gráfico 4 - Médias da concentração hepática de Cu (mg/kg) em ovinos, quanto ao sexo, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil

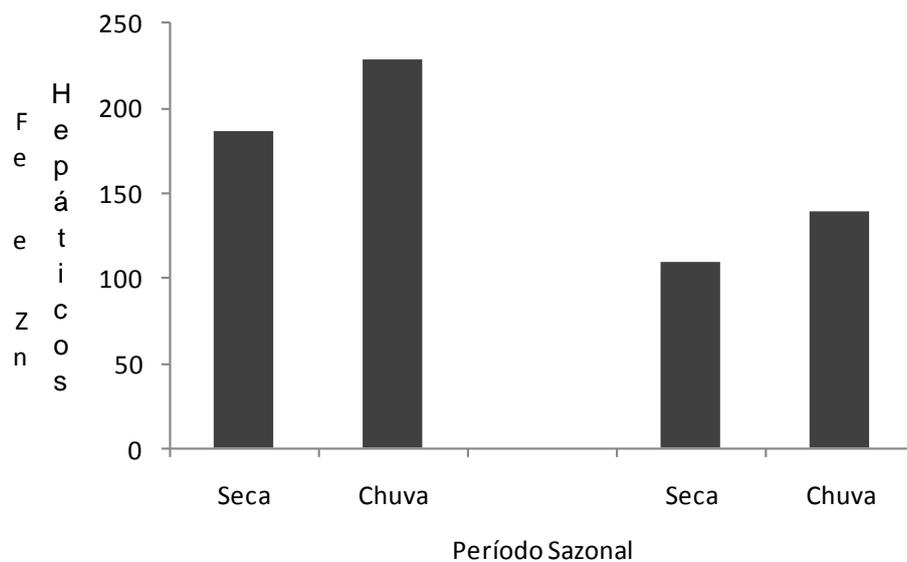


Gráfico 5 - Médias da concentração hepática de Fe e Zn (mg/kg) em ovinos, quanto ao período sazonal, criados no sertão do estado de Pernambuco, Brasil

6. DISCUSSÃO

A concentração sérica de Cu sérico nos fatores período sazonal, espécie e sexo, tiveram uma média geral de 10,51 $\mu\text{mol/L}$. De acordo com dados da literatura, verifica-se que tal concentração sérica foi menor que os estabelecidos por Oregui e Bravo (1993), cujo intervalo variou de 10,94 a 31,25 $\mu\text{mol/L}$; Grace (1983), com 12,6 a 18,9 $\mu\text{mol/L}$; Santos et al (2006), com média de $12,9 \pm 1,3 \mu\text{mol/L}$; Pott et al (1999), com média de 10,16 $\mu\text{mol/L}$ e Solaiman et al (2001), com média de $18,11 \pm 0,63 \mu\text{mol/L}$. Conforme descrito por Underwood e Suttle (1999), menores séricos de 3 a 9 $\mu\text{mol/L}$ são considerados como valores marginais para situação de deficiência inaparente de Cu, tanto para caprinos quanto para ovinos.

Já em relação à concentração hepática (Tabela 4), verificou-se uma amplitude, também independente dos fatores, de 135,56 a 186,14 mg /Kg MS, média geral de $158,10 \pm 91,87$. Oregui e Bravo (1993) descrevem que valor médio de Cu hepático em torno de 500 mg/kg da MS, e que em condições de aporte baixo ou alto, pode-se alcançar concentrações hepáticas inferiores a 30 mg/kg e superiores a 750 - 1.000 mg/kg, respectivamente. Blood (1994) refere concentração hepática de Cu igual ou superior a 200 mg/kg como normal para ovinos. Já Grace (1983), faz referência a valores de 150 a 1.200 mg/kg de Cu hepático como normal. Outros estudos mostram concentração hepática de Cu com médias de $304,6 \pm 27,2 \text{ mg/kg}$ (Jones et al 1984) e $328,40 \pm 30,84 \text{ mg/kg}$ (Antonelli, 2007).

Santos et al (2006) reportaram aspectos clínicos da ataxia enzoótica em ovinos e caprinos criados no município de Surubim – PE, e encontraram valores médios de Cu hepático, nos animais com sintomatologia desta enfermidade, de 19,4 a 140 mg/kg. Outro estudo a cerca da deficiência de Cu e Co em bovinos e ovinos em diferentes regiões do Braisl, Tokarnia et al (1971), identificou valores médios da concentração hepática de Cu em ovinos de $125,43 \pm 86,57 \text{ mg/kg}$ da MS. Considerando os dados observados, os animais encontravam-se numa faixa considerada de risco para deficiência e de acordo com Bondan et al (1991) as concentrações hepáticas de Cu constituem índices sensíveis a baixos aportes do elemento e fornecem valioso auxílio no diagnóstico de hipocupose. Já Suttle (1986) descreve que a concentração do Cu hepático seja mais um critério relacionado às reservas existentes do que um indicador de deficiência. De todo modo, deve-se recorrer a análise de Cu, bem como de outros elementos essenciais, em diferentes

materiais biológicos, para se ter uma compreensão mais precisa das reservas de estoque e perfil homeostático destes elementos presentes no organismo.

Verifica-se, por tanto, que tais animais encontram-se em situação de deficiência inaparente, havendo necessidade de recomendação de suplementação mineral. Peixoto et al (2005) reportam que as necessidades de suplementação variam com a área geográfica, época do ano e manejo alimentar do rebanho, além de que adequação protéico-energética da dieta com adequada disponibilidade de volumoso. Segundo estes mesmos autores, animais recebendo dietas com quantidades insuficientes de minerais ou rações desequilibradas que resultam em carência de um ou mais elementos, há que se corrigir para que os mesmos possam expressar o potencial genético para aspectos produtivos e saúde animal. Embora se identifique que existe uma variação dos intervalos da concentração sérica e hepática de Cu nos ruminantes por diferentes autores, há de considerar que atenção especial seja devida no sentido de identificar deficiência inaparente nos animais e fazer uso de medidas de controle com a adequada suplementação tanto mineral quanto energética e protéica, evitando-se, assim, prejuízos econômicos com enfermidades relacionadas com a deficiência do Cu, bem como morte de animais.

Em relação à variável sexo, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) em que as fêmeas tiveram teores aumentados de Cu em relação aos machos, tanto no soro quanto no fígado, porém não se encontrou inferência na literatura que justifique ou explique estes resultados. Sugere-se, hipoteticamente, que deva haver relação com perfil hormonal, em que estes tenham ação sobre a capacidade de metabolização deste micro-elemento. Ortolani (1996) descreve que fêmeas parecem ser mais predispostas ao desenvolvimento do quadro de intoxicação cúprica cumulativa e que esteja relacionado com ação do estradiol, o qual aumenta a retenção de Cu no fígado.

Santos et al (2006) verificaram que incidência de ataxia enzoótica em caprinos foi maior que em ovinos, embora não encontraram na literatura trabalhos que descrevessem o porque da susceptibilidade entre espécies. Owen et al (1965) descreveram que os teores de Cu, tanto sérico quanto hepático, eram menores em ovinos, indicando que o limiar para ocorrência da enfermidade era mais baixa em ovinos. Segundo Riet-Correa (2004) os caprinos são a espécie com maiores necessidades de Cu e menos susceptível à intoxicação do que os ovinos. Deste modo, há necessidade de estudos para averiguar melhor tal condição.

Uma importante consideração feita por Antonelli (2007), é que nos capins, principalmente no período seco, grande parte do Cu se apresenta como Cu metálico, o qual é pouco absorvido pelo organismo para atender as necessidades orgânicas; quando da fenação ou ensilagem dos capins, o Cu se complexa com proteínas, elevando-se sua disponibilidade. Por tal motivo, justifica-se que no período seco tenha-se encontrado teores marginais do Cu e também de seus antagonistas.

Conforme dados de Underwood & Suttle (1999) e Blood (1994), a concentração sérica de Fe considerada normal para pequenos ruminantes está em média de $34,6 \pm 1,25$ $\mu\text{mol/L}$ e $37,45$ $\mu\text{mol/L}$, respectivamente, enquanto que no fígado este elemento tem uma variação de 181 a 380 mg/kg (Tokarnia et al 1988). Já Jones et al (1984) fazem referência de valor médio de $138,8 \pm 17,8$ mg/kg. Neste estudo pode-se verificar que o teor sérico de Fe variou, independentemente do fator estudado, de 25,06 a 35,58 $\mu\text{mol/L}$ e no fígado de 156,10 a 210,53 mg/kg. Segundo estes autores, valores inferiores a 29 $\mu\text{mol/L}$ de Fe no soro é considerado como limite marginal como fator de risco para situação de deficiência, e neste estudo foi registrado valores médios de 25,06 $\mu\text{mol/L}$ no fator espécie (caprinos) e 27,02 $\mu\text{mol/L}$ no fator sexo (fêmeas). Já valores superiores a 39 $\mu\text{mol/L}$ são excessivos, porém em nenhum dos fatores estudados foi registrado teores indicativos de excesso sérico deste microelemento.

Analisando os fatores expressos nas tabelas, foi possível verificar que as concentrações de Fe tanto séricas quanto hepáticas foram menores para os caprinos em relação aos ovinos e que na época de seca a concentração hepática foi menor quando comparado com o período de chuva. Tal observação é compatível com a condição sazonal na região estudada, onde se verifica que nos meses de maio a dezembro, registrou-se menor distribuição de chuvas, comprometendo a formação de pastagens, associado a pouca ou nenhuma suplementação alimentar nesse período.

Teve-se a preocupação em efetivar as coletas em períodos correspondentes à disponibilidade de nutrientes e período de utilização das reservas orgânicas, para se poder compreender o perfil dos elementos estudados nas reservas orgânicas e perfil homeostático (Underwood & Suttle, 1999). As coletas do período chuvoso foram realizadas nos meses de março e abril, por compreenderem o terço final da época de chuvas, já que em geral o período de chuva nesses municípios abrange os meses de dezembro a abril. As coletas do período seco foram realizadas nos meses

de outubro e novembro, compreendendo o terço final da época de seca para os referidos municípios, pois em geral o período de seca nesses municípios abrange os meses de maio a dezembro.

Santos et al (2006), registraram casos de AE em ovinos no município de Surubim – PE, e consideram que no período de seca as pastagens tornam-se escassas fazendo com que os animais pastem mais rente ao solo. Verificaram que este era arenoso e comumente recobria, em forma de poeira, as forragens disponíveis para os animais. Deste modo os animais ingeriam uma maior quantidade de solo, o qual continha teores médios relativamente altos de Fe (8600 mg/Kg). Como não foi feita análise de solo e forragens, não é possível relacionar os teores sanguíneos e hepáticos com os disponíveis nestes dois materiais. Seguramente estudos devem ser feitos para averiguar as características do solo nos municípios estudados.

Embora esteja bem estabelecido que mudanças na ingestão de Fe possam influenciar o metabolismo do Cu em animais, pouca importância tem sido dada ao Fe como causa de deficiência de Cu em ruminantes sob condições de criação extensiva (Humphries et al 1983). Baseando-se na literatura (Underwood & Suttle 1999; Tokarnia et al 1999) e dados do presente estudo, importante estudar o perfil orgânico de Cu não isoladamente, mas, sim, em conjunto com outros elementos considerados antagonistas, verificando-se se a condição de deficiência é primária ou secundária.

Com base nos dados aqui observados, fica evidente que as concentrações encontradas de Cu em limites marginais não estejam diretamente relacionadas com o excesso de Fe, como visto por Underwood & Suttle, (1999) e Santos et al (2006); estando tal condição mais relacionada com a qualidade das forragens e falha na alimentação com nutrientes capazes de biodisponibilizar o Cu em níveis adequados para atender a demanda de várias rotas metabólicas e promover bom desempenho aos animais.

A teoria de ingestão de altos teores de Fe em época de escassez de alimentos, sendo este de origem do solo rico neste elemento, necessita de maiores estudos, visto que os municípios de Araripina, Granito e Ouricuri também estão localizados na região sertão do estado de Pernambuco, e que estudos devem ser

conduzidos para verificar a variabilidade de fatores responsáveis por diferentes perfis tanto de estoque quando homeostático e funcional do Cu e seus antagonistas.

Outro aspecto a ser considerado na maior concentração tanto sérica quanto hepática de Fe nos animais da espécie ovina é que tal fato possa ter relação com o hábito alimentar destes animais, uma vez que os ovinos tendem a pastar mais rente ao solo preferindo vegetais de baixo porte ao contrário dos caprinos. De acordo com o postulado por Santos et al (2006), poder-se-ia haver uma relação com o hábito alimentar desta espécie e ingestão de gramíneas com solo, apresentando elevados teores de Fe. Trabalhos realizados no semi-árido nordestino (Leite et al 1995; Araújo Filho et al 1996) demonstraram uma maior preferência de ovinos por gramíneas, quando comparados com caprinos, tanto no período chuvoso quanto no período seco. Por outro lado, os caprinos demonstraram uma maior preferência por dicotiledôneas herbáceas e brotos de folhas de árvores e arbustos em ambos os períodos. Levantando-se a hipótese de que os hábitos alimentares de caprinos e ovinos podem influenciar os teores minerais presentes em tecidos animais.

Segundo Borges et al (2005), a deficiência marginal de Cu, por ser a mais comum, acarreta mais prejuízos do que a deficiência severa. Taxas inadequadas de Cu na dieta podem causar diminuição do crescimento e queda dos índices reprodutivos, sem apresentar sinais clínicos patognomônicos.

As concentrações séricas de Mo variaram de 0,28 a 0,32 $\mu\text{mol/L}$ ($0,30 \pm 0,14$), enquanto que no fígado sua concentração variou de 6,53 a 8,10 mg/kg ($7,45 \pm 4,11$), independente do fator de variação. Quanto aos valores séricos, estes são inferiores aos encontrados por diferentes autores, como Van Ryssen & Stielau (1981), os quais encontraram valores de $0,63 \pm 0,21 \mu\text{mol/L}$, quando avaliaram o efeito de diferentes níveis de Mo dietético no metabolismo do Cu e Mo em ovinos alimentados com elevados teores de Cu e S; Botha et al (1995), com $0,52 \pm 0,42 \mu\text{mol/L}$, estudando a farmacocinética do tetratiomolibdato em ovinos e Antonelli (2007), o qual encontrou teores séricos de $0,8 \pm 0,19 \mu\text{mol/L}$, quando estudou o efeito do uso de sal mineral rico em Mo na intoxicação cúprica cumulativa. Apenas Pott et al (1999) encontraram valor médio de Mo hepático inferior aos encontrados neste estudo, os quais trabalharam avaliaram o efeito de dietas com elevado teor de Mo no metabolismo do Mo e Cu em ovinos, encontrando média de $0,10 \mu\text{mol/L}$.

Já em relação aos teores hepáticos e considerando os dados de grupos controle de diferentes delineamentos experimentais, foi possível encontrar uma amplitude de valores, que variaram de 1,80 mg/kg (Allen & Gawthorne, 1986), 2,9 mg/kg (Van Ryssen & Stielau 1981), 3,62 mg/kg (Antonelli 2007), 3,80 mg/kg (Jones et al 1984), 5,88 mg/kg (Pott et al 1999) e 8,55 mg/kg, respectivamente. Tais valores médios da concentração hepática de Mo estão abaixo dos encontrados nos animais deste estudo, porém próximos aos encontrados por Pott et al (1999) e Van Ryssen & Stielau (1980). Estes últimos autores estudaram oferta de dietas com altos teores de Cu e Mo e três crescentes teores de S, encontrando valores que variaram de 6,4 a $10,7 \pm 1,39$ mg/kg. Verificaram, ainda, relação linear positiva do aumento de S na dieta e menor concentração hepática de Mo.

Considerando a ampla variação de valores de referência de Mo em soro e fígado, poucos trabalhos estão disponíveis na literatura em relação a espécie caprina e a animais criados na região Nordeste do Brasil. Muito facilmente são encontrados trabalhos que reportam valores de Mo em componentes dietéticos e solo, relacionando-se com o metabolismo de Cu, Mo e S. Diante de tal limitação, tornando-se necessários estudos para caracterizar melhor o perfil deste elemento em diferentes materiais biológicos.

O metabolismo do Mo é complexo e que seu requerimento para ruminantes é extremamente baixo, sendo fortemente influenciado por sua concentração nos alimentos, bem como pela concentração de S, o qual interfere na sua absorção, retenção e excreção (Grace, 1983; Unserwood & Suttle, 1999), daí ser possível justificar a ampla variação encontrada neste estudo. Segundo Tokarnia et al (1999), no Brasil as concentrações de Mo em fígado de animais e também em pastagens estão dentro dos valores considerados adequados.

Segundo Allen e Gawthorne (1987), quando a dieta é enriquecida com Mo e S, moléculas de tiomolibdatos são formados, tornando o Cu indisponível, permitindo, assim, situações de baixa concentração tanto hepática quanto sérica do Cu. Com base nos resultados, é possível verificar que de acordo com análise da reserva homeostática, o Mo apresentou-se abaixo dos limites considerados normais em diferentes investigações, havendo necessidade de caracterizar valores de referência para tais espécies, no que diz respeito aos valores normais, marginais e deficientes, nas reservas tanto homeostática quanto de estoque, para poder estabelecer

diagnóstico mais confiável do perfil deste microelemento em animais de interesse pecuário.

Com base nos dados observados neste estudo, a concentração sérica de Zn variou de 10,62 a 12,85 $\mu\text{mol/L}$, com média de 11,83 $\mu\text{mol/L}$, e hepática de 117,81 a 137,46 mg/kg, com média geral de 128,71 mg/kg, independente do fator de variação. Os teores séricos de Zn considerados como normais para pequenos ruminantes varia de 12 a 18 $\mu\text{mol/L}$ (Sanz Lorenzo et al 1996) e 12,3 a 18,5 (Underwood & Suttle, 1999). Segundo Sanz Lorenzo et al (1996), valor médio de 11,0 $\mu\text{mol/L}$ é considerado como limite marginal para casos de deficiência. Já em relação aos teores hepáticos, Tokarnia et al (1988) reportam que teores normais de Zn no fígado estão em torno de 101 a 200 mg/kg, enquanto que Antonelli (2007) faz referência de valores entre 120 a 138 mg/kg. Verifica-se, portanto que os teores de Zn sérico encontram-se abaixo dos valores considerados como marginais e os hepáticos dentro do limite de normalidade, embora próximos ao limite inferior da referência.

Importante considerar que menores concentrações tanto séricas quanto hepáticas foram registradas no período de seca e tal fato reveste de relevância e tem provável relação com a qualidade das forragens oferecidas aos animais nesse período. Além disso, a região compreendida apresentar um cenário pluviométrico característico de deficiência hídrica anual (entre 800 e 1000 mm) e índice de aridez que chega até 70%, denotando um período de deficiência alimentar, com significativa redução na oferta de diferentes nutrientes, tais como esses microelementos essenciais para a saúde dos caprinos e ovinos.

O diagnóstico clínico da deficiência de Zn geralmente é difícil, visto que só nas formas graves podem ser diagnosticadas pela sintomatologia, tendo como características lesões de pele, queda de lã e apetite reduzido. Com mais frequência encontram-se as deficiências marginais, o qual deve ser definido por análises de diferentes materiais biológicos (Sanz Lourenzo et al 1996); embora verifica-se que na maioria dos trabalhos é possível encontrar concentrações séricas em animais de produção e, neste estudo também foi caracterizado as concentrações hepáticas, as quais podem ser determinados por meio de biopsias ou mesmo fragmentação deste em casos de óbito ou no momento do abate dos animais. Contudo, permiti-se, assim, uma investigação mais representativa, tanto do *pool* de estoque quanto do *pool* homeostático (Underwood e Suttle 1999).

Moraes (1998) avaliou amostras de fígado de várias regiões do Brasil e encontrou valores de Zn abaixo dos considerados normais. Particularmente no estado do Piauí e região litorânea do Ceará (Municípios de Aracati e Pacatuba), mais da metade das amostras apresentaram teores baixos dos considerados normais, indicando a ocorrência de deficiência inaparente de Zn. A absorção do Zn pode ainda ser afetada pela interação exercida por outros elementos como Ca, Cu e Fe. Porém, conforme foi constatado, as concentrações tanto do Cu quanto do Fe não foram tão elevadas a ponto de relacionar a ação antagonista ou sinérgica entre estes elementos. Em trabalho recente, Antonelli (2007) constatou que quanto mais alto os teores de Zn hepático mais alto eram os teores de Cu hepático.

Um dos aspectos mais relevantes em relação ao Zn é que no contexto nutricional, funções importantes que tornam limitantes para a saúde e produção de ruminantes com deficiência de Zn, tem-se falha de expressão gênica e redução do apetite. Animais que têm redução do apetite têm sérios comprometimentos em parâmetros produtivos, assim como menor capacidade reprodutiva (Underwood & Suttle 1999). Tendo-se observados teores de Zn próximos abaixo do limites normais, é possível conjecturar que animais criados nesses municípios apresentam falhas reprodutivas que, aliado a redução de apetite, tem-se a menor disponibilidade de alimentos com reduzida qualidade de nutrientes. Contudo, estudos devem ser conduzidos no sentido de elucidar tais hipóteses e permitir corrigir tais problemas com seletiva suplementação.

Segundo McDowell (1999), análises de tecidos ou fluidos animais, além das concentrações de certas enzimas, metabólitos ou compostos orgânicos com os quais determinados minerais estão funcionalmente associados, constituem importantes indicadores da condição mineral dos animais. Assim como o disposto neste trabalho, as análises do teor de Cu, Fe, Zn e Mo tanto em sangue quanto em fígado refletem a importância em estimar o status destes elementos em animais de diferentes espécies criados na região sertão do estado de Pernambuco, além de referenciar a importância da suplementação com dietas adequadas em energia, proteínas e minerais aos animais criados em sistema extensivo.

7. CONCLUSÃO

Teores séricos de Cu e Zn em caprinos e ovinos criados no sertão do estado de Pernambuco apresentam-se em situação marginal, sendo importante fator de risco para a ocorrência de deficiência, tanto inaparente quanto clínica, com as conseqüentes perdas econômicas, devendo-se, portanto, oferecer suplementação adequada destes nutrientes. O período de seca é um importante fator sazonal que determina menor aporte sérico de Zn e hepático de Fe e Zn em caprinos e ovinos criados no sertão do estado de Pernambuco. Considerando os teores de Fe e Mo encontrados, a deficiência de Cu na região estudada tem característica de deficiência marginal primária.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO, J.A.; SOUSA, F.B.; CARVALHO, F.C. Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, p. 383-395, 1996.

ANTONELLI, A.C. **Avaliação do uso de um sal mineral rico em molibdênio na prevenção da intoxicação cúprica acumulativa em ovinos**. 2007. 122 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo.

BLOOD D.C. **Manual de Medicina Veterinária**. 1th ed. Interamericana McGraw-Hill, Philadelphia, 1994. 790p.

BORGES, A.S. Correlação entre a atividade sérica da ceruloplasmina e os teores sérico e hepático de cobre em novilhas Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.2, p.150-155, 2005.

BONDAN, E.F.; RIET-CORREA, F.; GIESTA, S.M. Níveis de cobre em fígados de bovinos no sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 11, n. 3/4, p. 75-80, 1991.

BOTHA, C.J.; GESWAN, G.E.; MINNAAR, P.P. Pharmacokinetics of ammonium tetrathiomolybdate following intravenous administration in sheep. **Tydskr. S. Afr. Vet. Ass.**, v.66, n. 1, p.6-10, 1995.

BREMNER; BEATTIE, J.H. Copper and zinc metabolism in health and disease: speciation and interactions. **Proceedings of the Nutrition Society**. v.54 , p.489–499. 1995.

BRIAN, B. Mineral nutrition in sheep. **Agriculture and Rural representative**, Gore bay, OMAFRA, 1997.

CARDOSO, E.C. **Nutrição mineral em bubalinos e bovinos nos campos do Marajó, estado do Pará**: cálcio, fósforo, cobre, cobalto, manganês, ferro e zinco. Belém, 1997. 173 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Pará.

CARTILHA DO AGRICULTOR. Os Animais. **Publicação da Secretaria da Agricultura**. 2. ed. Porto Alegre: Corag. 1982. v. 4, p. 556.

CASTRO, M.B.; CHARDULO, L.A.L.; SZABÓ, M.P.J. Copper toxicosis in sheep fed dairy cattle ration in São Paulo, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte. v.59, n.1, p.246-249, 2007.

CAVALHEIRO, A. C.; TRINDADE, D. S. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Sagres DC Luzzato. 1992. 142 p.

CORAH, L.H.; IVES, S. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**. v.7, p.41-57, 1991.

FILAPPI, A.R.; PRESTES, D.S.; CECIM M. Estado mineral de bovinos de corte em rebanhos suplementados no centro-oeste do rio grande do sul. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 1, p. 17-21, 2004.

FUCK, E. J.; MORAES, G. V.; SANTOS, G.T.. Fatores nutricionais na reprodução de vacas leiteiras. II - Vitaminas e minerais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 24, n. 4, p. 201-211, out./dez. 2000.

GAVILLON, O.; QUADROS, A. F. F. Levantamento da composição mineral das pastagens nativas do RS: o cobre, o cobalto e o molibdênio. In: Congresso Internacional de Pastagens, 9. **Anais São Paulo**: [s.n.], 1966. p. 709-712.

GENGELBACH G.P., WARD J.D.; SPEARS J.W. Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. **Journal Animal Science**. p. 2722-2727, 1994.

GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N; SAMOKHIN, V.I. Studies in the agricultural and food sciences. **Mineral Nutrition of animals**, London: Butterworth, 475p. 1982.

GONZALES, F. H. D. ; JULIO, B.; PATINÕ, H.O.; RIBEIRO, L.A. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. UFRGS, 2000. p.31.

GOONERATNE, S.R.; CHRISTENSEN, D. A. A survey of maternal copper status and foetal tissue copper concentration in bovine. **Canadian Journal of Animal Science**. Champaign, v.69, p. 141-50, 1989.

GRACE, N. D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 26, p. 59-70, 1983.

GUEDES, K.M.R.; RIET-CORREA, F.; DANTAS, A.F.; SIMÕES, S.V.D.; MIRANDA NETO, E.G.; NOBRE, V.M.T.; MEDEIROS, R.M.T. Doenças do sistema nervoso central em caprinos e ovinos no semi-árido. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 29-38, 2007.

GUIMARÃES, A. M.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.ºS. et al. Variação sazonal de vitamina A, macro e microelementos no capim, plasma e fígado de novilhas Nelore, criadas em pastagens de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) **Arquivo Brasileiro Medicina Vetetinária e Zootecnia.**, v. 44, n. 1, p. 57-66, 1992.

HAINLINE B. E.; RAJAGOPALAN K. V. Molybdenum in animal and human health. in: **Trace elements in health, a review of current sites**. ROSE. J, editor. London Butterworth. 1983. p. 150–166.

HOROWITZ, A.; DANTAS, H. da S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. II - Cobalto na Zona Litoral-Mata. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.3, p.173-182, 1968.

HOROWITZ, A.; DANTAS, H. da S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. III - Cobre na Zona Litoral-Mata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, n.7, p.169-176, dez. 1973.

HOROWITZ, A.; DANTAS, H. da S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. I. Manganês na Zona da Mata e no Sertão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.1, p.383-390, 1966.

HOWELL, J. McC.; GOONERATNE, S. R. The pathology of copper toxicity in animals. **Animals and Man**, v. 2 p. 125-148, 1987.

HOWELL, J.M.; GAWTHORNE, J.M. **Copper in animal and man**. Florida, v.2, 1987. p. 140.

HUMPHRIES, W.R. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. **British Journal Nutrition**, v.49, p.77-86, 1983.

KOLB, E. **Fisiologia Veterinária**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. p. 611.

LEITE, E. R., ARAÚJO FILHO, J. A., PINTO, F. C. Pastoreio combinado de caprinos com ovinos em caatinga raleada: desempenho da pastagem e dos animais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1129-1134, 1995.

LOPES, H.O. da S.; FICHTNER, S.S.; JARDIM, E.C.; COSTA, C. de P.; MARTINS JUNIOR, W. Teores de cobre e zinco em amostras de solos, forrageiras e tecido animal da micro-região Mato Grosso de Goiás. **Arquivo Escola Veterinária**. UFMG, v. 32, n.2, p. 151-159. 1980.

MARQUES A.P., RIET-CORREA F., SOARES M.P., ORTOLANI E.L.; GIULIODORI M.J. 2003. [Sudden deaths in cattle associated with copper deficiency] Mortes súbitas em bovinos associadas à carência de cobre. **Pesquisa Veterinária Brasileira** v.23 n.1 p. 21-32. 2003.

MCDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil.** University of Florida. 3ªed. 1999. 292p.

McDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition.** New York: Academic Press, 1992. 524p.

MILES, P.H.; WILKINSON, N.S.; McDOWELL, L.R. **Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research.** 3.ed. Florida: USDA/T-STAR Grant, 2001.117p.

MILLS C.F.; DAVIS G.K. Molybdenum. **Trace elements in human and animal nutrition.** Vol. 1 Academic Press; 1987. p. 429–457.

MILLS, C. F. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. **Journal Animal Science**, Champaign, v.65, p. 1702-11, 1987.

MILTIMORE, J.E.; MASON, J.L. Cooper to molybdenun ratio and molybdenun and copper concentration in ruminan feeds. **Canadian Journal Animal Science**, v.51, p.193 – 200, 1971.

MOURA, J.G.P. **A Revolução dos Nutrientes:** um estudo sobre radicais livres, vitaminas, minerais e sua avaliação no exame do cabelo. Pelotas: Mundial, 1997. 256 p.

MORAES, S.S.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Deficiências e desequilíbrios de microelementos em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v. 19, n. 1, p. 19-33, 1998.

O'DELL, B.L.; SUNDE, R.A. **Handbook of nutritionally essential mineral elements.** New York: Marcel Deker, 1997.

OREGUI, L.M.; BRAVO, M.V. **El cobre, funiones y necesidades**. In: Oregui L.M. Patologia relacionada com El cobre: Deficiencias e intoxicaciones. 1 th ed. Luzans Ediciones, Madrid. 1993. p. 9-22.

ORTOLANI, E. L. Intoxicação e doenças metabólicas em ovinos: Intoxicação cúprica, urolitíase e toxemia da prenhez. In: **Nutrição de Ovinos**, Jaboticabal: FUNEP, 1996. 258p.

ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GORNIK, S. L.; BERNADI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 641-651.

OWEN, E.C. Pathological and biochemical studies of an outbreak of swayback in goats. **Journal of Comparative Pathology**, v.75, p.241–251, 1965.

PILATI C., BARROS C.S.L., GIUDICE J.C.; BONDAN E. 1990. Intoxicação crônica por cobre em ovinos. **Hora Veterinária**, Porto Alegre, 54: 31-34.

PRADA, F.; et al. Concentração de cobre e molibdênio em algumas plantas forrageiras do Estado do Mato Grosso do Sul. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 35, n. 6, p. 275-278. 1998.

RADOSTITIS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C. et al. Doenças causadas por substâncias químicas inorgânicas e produtos químicos. **Clínica Veterinária - Um Tratado de Doenças dos Bovinos, Ovinos, Suínos, Caprinos e Eqüinos**. 9ª edição. Guanabara Koogan, 2002. p.1417-1471.

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

RIET-CORREA, F.; SCHILD, A.L.; MENDEZ, M.C. et al. **Doenças de ruminantes e eqüinos**. Editora Varela, 2ª ed., v. 2. p. 312-320. 2001.

SANZ LORENZO, M.C.; CASASNOVAS, A.F.; VERDE ARRIBAS, M.T. La deficiencia de zinco. **Tratado de Patología y Producción Ovina**, v. 42, p.25-36, 1996.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE, Inc 2000. **SAS user's guide: Statistics Version**, 2000. SAS, Cary, N. C.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística Aplicada à Experimentação Animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221p.

SANSINANE, A. S.; CERONE, S. I.; NAJLE, R.; AUZA, N. Lipid peroxidation in erythrocyte membranes of sheep with chronic copper poisoning. **Journal of Clinical Biochemical Nutrition**, v.17, n. 1, p. 65-72, 1994.

SANTOS, N.V.M.; SARKIS, J.E.S.; GUERRA, J.L.; MAIORKA, P.C.; HORTELANI, M.A.; SILVA, F.F.; ORTOLANI, E.L. Avaliação epidemiológica, clínica, anátomopatológica e etiológica de dorso de ataxia em cabritos e cordeiros. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1207-1213, 2006.

SENGER, C. C. D. et al. Teores minerais em pastagens do rio grande do sul. I: sódio, zinco, cobre ferro e manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 01, p. 101-108, 1997.

SILVA, L. A. F.; CUNHA, P. H. J.; JARDIM, E. A. G. V.; FIOVARANTI, B. R. T.; SILVA, M. A. M.; GONÇALVES, J. R.; GONÇALVES, P. P. C.; PRAZERES, A. Efeito da administração parenteral de cobre sobre o ganho de peso, eritrograma e parênquimas, hepático e renal, em bovinos mestiços (Zebu x Europeu) confinados. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 25, n. 3, p. 225-234. 2004.

SILVA, S.; BARUSELLI, M.S. **Os dez mandamentos da suplementação mineral**. Guaíba: Agropecuária. 2001. 106p.

SOARES, P. C. **Efeitos da intoxicação cúprica e do tratamento com tetratiomolibdato sobre a função renal e o metabolismo oxidativo de ovinos.** 2004. 117.f. (Doutorado em Clínica Veterinária) Universidade de São Paulo.

SOLAIMAN, T.J. CRAIG JR., G. REDDY. Effect of high levels of Cu supplement on growth performance, rumen fermentation, and immune responses in goat kids. **Small Ruminant Research**, 69 p.115-123, 2007.

SOLI, N.E. Chronic copper poisoning in sheep. **Nolway Veterinary Medicine**, v. 32, p. 75-89, 1980.

SOUSA, J.C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. **Circular técnica**, n. 5, EMBRAPA, p. 50, 1981.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. In: Macro e microelementos. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 750-761. 2006.

SUTTLE, N.F. Recent studies of the copper-molybdenum antagonist. **Proceeding Nutrition Society**, v.33, p.299–305, 1974.

SUTTLE, N.F. The interactions between copper, molybdenum and sulphur in ruminant nutrition. **Annual Review of Nutrition** . 11:121-140, 1991.

TOKARNIA, C.H.; GUIMARÃES, J.A.; CANELLA, C.F.C.; DOBEREINER, J. Deficiências de cobre e cobalto em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.6, p. 61-77, 1971.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S.S. Situação atual e perspectivas da investigação sobre nutrição mineral em bovinos no Brasil. **Pesq. Vet. Bras.**, v.8, n. ½, p. 1-16, 1988.

TOKARNIA C.H., DÖBEREINER J., MORAES S.S. & PEIXOTO P.V. 1999. [Mineral deficiencies and imbalances in cattle and sheep. a review of Brazilian studies made between 1987 and 1998.] Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos - revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesquisa Veterinária Brasileira** v.19. n. 2. p. 47-62. 1999.

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

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3^aed. New York: CAB International, 1999. p. 614.

VASQUEZ, E.F.A.; HERRERA, A.P.N; SANTIAGO, G.S. Interação cobre, molibdênio e enxofre em ruminantes. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6; p. 1101–1106, 2001.

VAN RYSSSEN, J. B. J. . VAN MALSEN P. S. M. HARTMANN, F. Contribution of dietary sulphur to the interaction between selenium and copper in sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.130, n. 107-114. 1998.

VAN RYSSSEN J.B.J., STIELAU W.J. The effect of various levels of dietary copper and molybdenum on copper and molybdenum metabolism in sheep. **S. Afr. J. Anim. Sci.**, v.10, p.37-47, 1980.

VAN RYSSSEN J.B.J., STIELAU W.J. Effect of different levels of dietary molybdenum on copper and Mo metabolism in sheep fed on high levels of Cu. **Br. J. Nutr.**, v. 45, p. 203-210, 1981.

ANEXOS

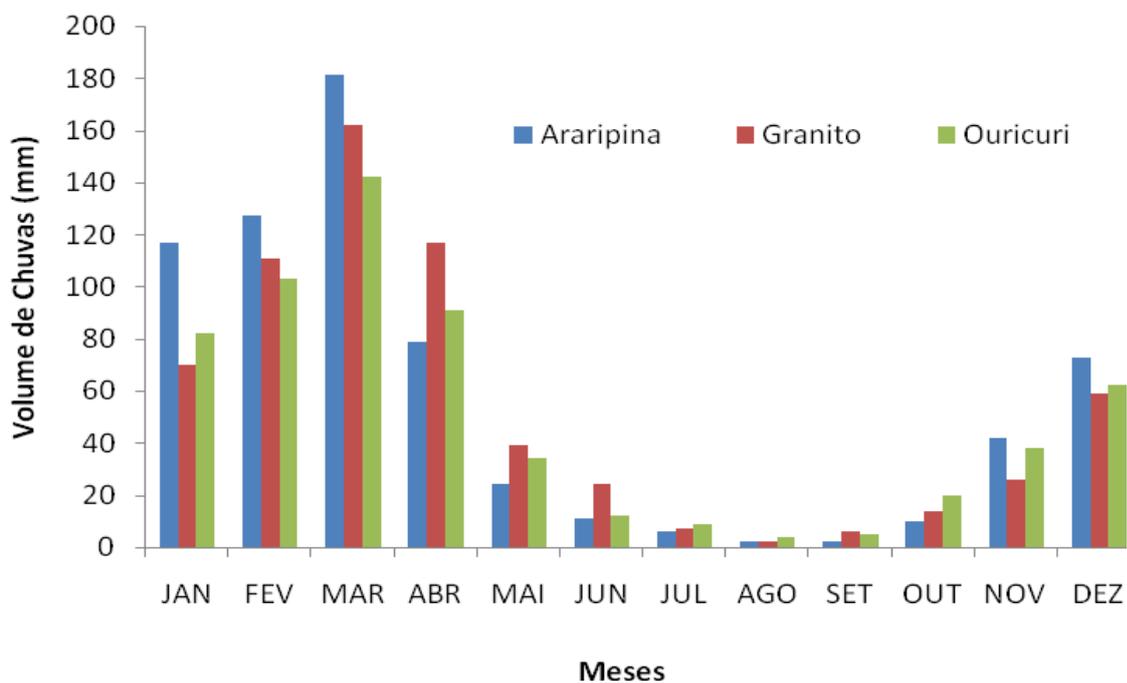


Gráfico 6 - Médias históricas da chuva (mm) de janeiro a dezembro para os municípios de Araripina, Granito e Ouricuri, estado de Pernambuco, Brasil, 2010.

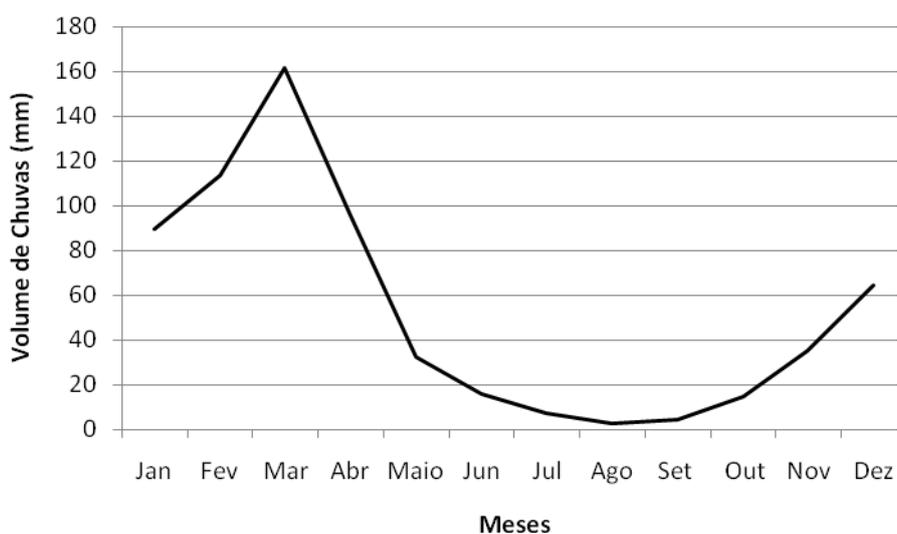


Gráfico 7 – Representação gráfica das médias históricas do volume de chuvas (mm) dos municípios de Araripina, Granito e Ouricuri, no sertão do estado de Pernambuco, Brasil, 2010.

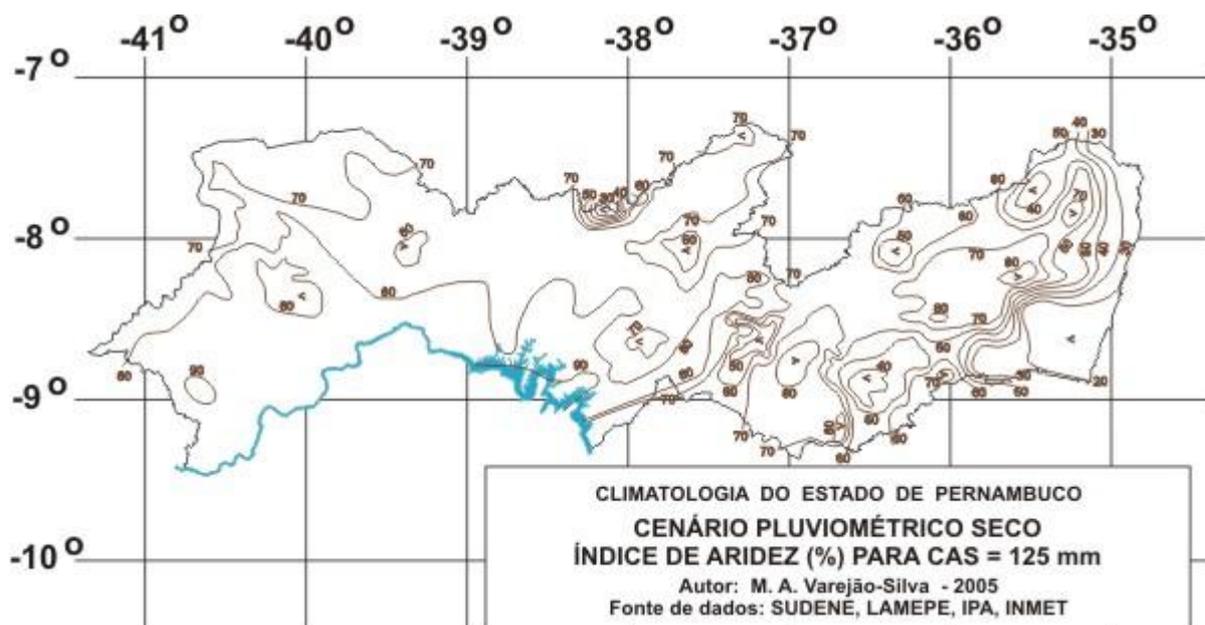
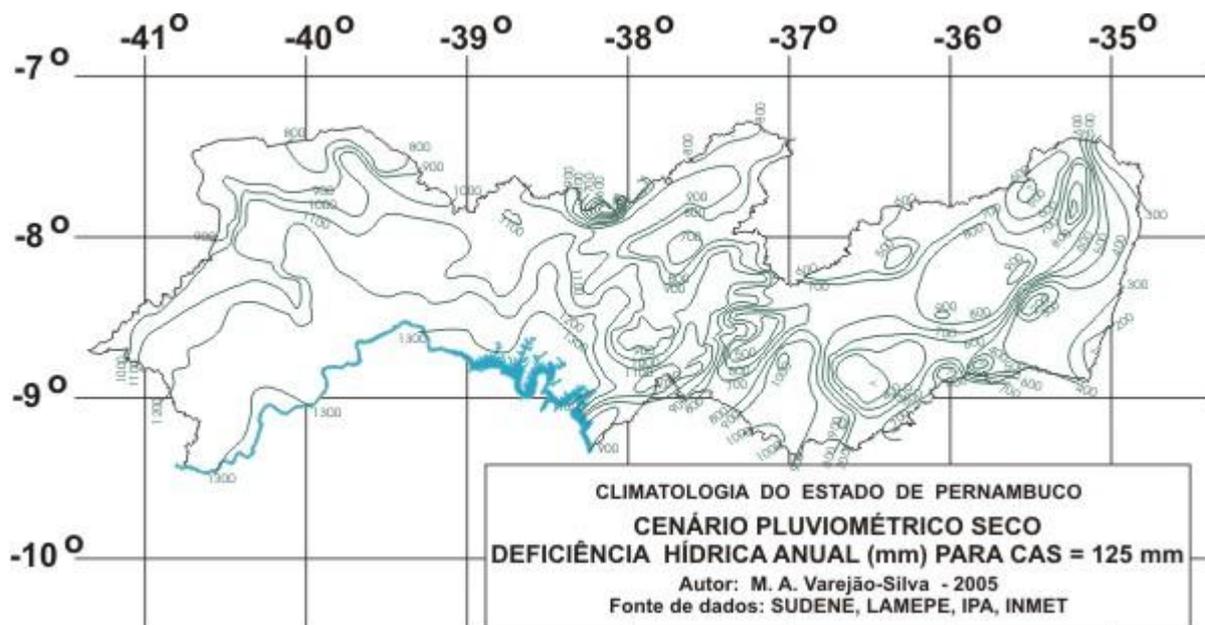


Figura 4 – Cenários pluviométricos característicos da deficiência hídrica anual (mm) e índice de aridez (%), da localização dos municípios de Araripina, Granito e Ouricuri, no sertão do estado de Pernambuco.