



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PAULISTANA
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA**

MATIAS RODRIGUES DA SILVA

**METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E CARACTERÍSTICAS DO
FORNECIMENTO DA ÁGUA UTILIZADA NA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL EM
MUNICÍPIOS DO TERRITÓRIO DA CHAPADA DO VALE DO RIO ITAIM, PIAUÍ**

PAULISTANA

2024

MATIAS RODRIGUES DA SILVA

METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E CARACTERÍSTICAS DO
FORNECIMENTO DA ÁGUA UTILIZADA NA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL EM
MUNICÍPIOS DO TERRITÓRIO DA CHAPADA DO VALE DO RIO ITAIM, PIAUÍ

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Zootecnia do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana.

Orientador: Prof. Dr. Tomás Guilherme Pereira da
Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Wandemberg Rocha
Freitas

PAULISTANA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Matias Rodrigues da

S581m Metais potencialmente tóxicos e características do fornecimento da água utilizada na dessentação animal em municípios do território da Chapada do Vale do Rio Itaim-Piauí / Matias Rodrigues da Silva. - 2024.
44 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana, 2024.

Orientador : Prof Dr. Tomás Guilherme Pereira da Silva.

Coorientador : Prof Dr. Wandemberg Rocha Freitas.

1. fontes hídricas. 2. metais pesados. 3. produção animal. 4. semiárido.

I. Título.

CDD - 636.08

Elaborado por Edna Ferreira de Oliveira CRB 3/1621

MATIAS RODRIGUES DA SILVA

METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E CARACTERÍSTICAS DO
FORNECIMENTO DA ÁGUA UTILIZADA NA DESSEDENTAÇÃO ANIMAL EM
MUNICÍPIOS DO TERRITÓRIO DA CHAPADA DO VALE DO RIO ITAIM, PIAUÍ

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Bacharelado em
Zootecnia do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana.

Aprovada em: 29/08/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tomás Guilherme Pereira da Silva (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Wandemberg Rocha Freitas
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profa. MSc. Sánara Adrielle França Melo
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Dedico este trabalho à minha Mãe, Maria do Socorro Rodrigues, a quem tanto devo pela minha vida e pela minha trajetória acadêmica; e ao meu avô, Albino Bento da Silva, meu maior professor das matérias da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por tantas bênçãos alcançadas todos os dias, ao IFPI - *Campus* Paulistana e todos os professores e demais servidores que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e ao longo de toda a graduação, em especial a Sr. Jorge, por ter sido tão grande amigo e conselheiro. À minha mãe, por fazer tão bem o papel de mãe e pai, e por nunca ter medido esforços para me permitir estudar e, ainda que em meio às dificuldades, poder ir em busca de meus sonhos. Espero um dia ser motivo de orgulho para a senhora.

Ao meu exímio professor, orientador, amigo, conselheiro, inspirador e guia turístico nas horas vagas, Tomás Guilherme Pereira da Silva, por ter tão bem conduzido todo e qualquer trabalho que se propôs a fazer, por me orientar, educar e cuidar bem mais do que eu merecia, por fazer sempre muito além do mínimo e entregar sempre o máximo de si.

Agradeço, também, a meus colegas de classe e todas as boas pessoas que passaram por minha vida em algum momento, pelo apoio necessário para que eu chegasse até aqui. Agradeço ainda, de maneira muito especial, à Maria Aparecida (Cida), o amor da minha vida, por estar comigo em momentos tão importantes, principalmente nesta etapa final da faculdade, pela paciência, atenção, carinho e cuidado com a minha pessoa. Gratidão!

Ao EDITAL 7/2023 - PROPI/REI/IFPI - PIBIC CNPq - 2023 - Edital de Pesquisa, agradeço!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), agradeço!

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), agradeço!

À Secretaria de Estado da Assistência Técnica e Defesa Agropecuária (Sada), Regional de Paulistana, em especial ao Sr Sérgio pela colaboração, agradeço!

“O futuro pertence àqueles que acreditam
na beleza dos seus sonhos e têm a
coragem de realizá-los.”
– Eleanor Roosevelt

RESUMO

A água ingerida pelos animais é uma fonte crucial de macro e microminerais. No entanto, altas concentrações de minerais ou metais tóxicos na água podem reduzir o consumo de alimentos, causar intoxicação nos animais, danificar tubulações e equipamentos. Estudos sobre os requisitos de potabilidade e adequação da água para dessedentação animal no semiárido brasileiro são ainda escassos, especialmente em relação a elementos minerais prejudiciais. O presente estudo visou avaliar a qualidade da água para dessedentação animal em municípios do Vale do Rio Itaim, Piauí, e entender as características do fornecimento hídrico. Amostras foram coletadas em 20 propriedades rurais dos municípios de Acauã, Betânia do Piauí, Jacobina do Piauí e Paulistana entre outubro e novembro de 2023. Os microminerais analisados foram manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe), cromo (Cr), chumbo (Pb) e cádmio (Cd). Os maiores níveis de Fe, Cr, Pb e Cd foram encontrados na água de Acauã, em comparação com os outros municípios ($P < 0,05$). O teor médio de Cu em Acauã foi superior ao de Betânia do Piauí e Paulistana, sem diferença significativa em relação a Jacobina do Piauí ($P = 0,0063$). Não houve variação significativa nos níveis de Mn ($P = 0,0918$). Observou-se que 80% dos pecuaristas usam água de poços artesianos e barreiros, com bebedouros de borracha (39%) e cimento/alvenaria (20%). Cerca de 38% dos pecuaristas nunca limpam ou desinfetam os bebedouros, e nenhum realiza tratamento na água. A água analisada apresenta concentrações elevadas de minerais tóxicos, não atendendo aos padrões para dessedentação animal.

Palavras-chave: fontes hídricas; higiene; metais pesados; produção animal; semiárido.

ABSTRACT

The water ingested by animals is a crucial source of macro and micronutrients. However, high concentrations of minerals or toxic metals in the water can reduce food intake, cause animal poisoning, and damage pipes and equipment. Studies on the potability requirements and suitability of water for animal hydration in the Brazilian semi-arid region are still scarce, especially concerning potentially harmful mineral elements. This study aimed to assess the quality of water for animal hydration in municipalities of the Vale do Rio Itaim, Piauí, and understand the characteristics of water supply. Samples were collected from 20 rural properties in the municipalities of Acauã, Betânia do Piauí, Jacobina do Piauí, and Paulistana between October and November 2023. The analyzed micronutrients were manganese (Mn), copper (Cu), iron (Fe), chromium (Cr), lead (Pb), and cadmium (Cd). The highest levels of Fe, Cr, Pb, and Cd were found in water from Acauã compared to the other municipalities ($P < 0.05$). The average Cu content in Acauã was higher than in Betânia do Piauí and Paulistana, with no significant difference compared to Jacobina do Piauí ($P = 0.0063$). There was no significant variation in Mn levels ($P = 0.0918$). It was observed that 80% of farmers use water from artesian wells and reservoirs, with rubber (39%) and cement/masonry (20%) troughs being the most common. About 38% of farmers never clean or disinfect the troughs, and none perform any water treatment. The analyzed water has elevated toxic minerals concentrations, not meeting the standards for animal hydration.

Keywords: animal production; heavy metals; hygiene; semiarid region; water sources.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Barragens (A e B) e bebedouros (C, D, E e F) utilizados na dessedentação animal em municípios da Chapada do Vale do Itaim, Piauí.....	23
Figura 2 – Trabalho de coleta de amostras de água de dessedentação animal em fontes de água (A, B) ou bebedouros (C e D) e amostras armazenadas (E e F).....	24
Figura 3 – Diluição e acidificação de amostras de água de dessedentação animal coletadas em municípios da Chapada do Vale do Itaim, Piauí.....	25
Figura 4 – (A) ICP-OES, (B) tubos Falcon com as amostras diluídas e acidificadas e (C) computador acoplado ao equipamento utilizado na determinação do perfil de microminerais em amostras de água utilizadas na dessedentação animal em municípios da Chapada do Vale do Itaim, Piauí.....	26
Gráfico 1 – Fontes de abastecimento da água de dessedentação animal utilizadas por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.....	30
Gráfico 2 – Tipos de material dos bebedouros utilizados na dessedentação animal por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.....	31
Gráfico 3 – Frequência de limpeza dos bebedouros utilizados na dessedentação animal por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.....	32
Gráfico 4 – Tratamento da água utilizada na dessedentação animal por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.....	33
Gráfico 5 – Espécies animais que ingerem a água utilizada por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí (%).....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Concentração de microminerais na água de dessedentação animal utilizada em municípios do Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido piauiense	27
Tabela 2	- Fontes de água utilizadas na dessedentação animal no Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido piauiense, por município.....	28
Tabela 3	- Tipos de bebedouro utilizados na dessedentação animal no Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido piauiense, por município.....	31
Tabela 4	- Frequência (%) de limpeza de bebedouros utilizados na dessedentação animal no Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido piauiense, por município.....	32
Tabela 5	- Espécies animais que ingerem a água utilizada por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí (%).....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BShw'	Semiárido
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DQF	Departamento de Química Fundamental
Fe	Ferro
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
HNO ₃	Ácido nítrico
ICP-OES	Espectrômetro de Emissão Óptica de Plasma Indutivamente Acoplado
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Mn	Manganês
Pb	Chumbo
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
mL	Mililitros
mg/L	Miligramas por Litro
P	Probabilidade de Significância
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Importância da qualidade da água na produção animal.....	15
2.2 Manganês.....	16
2.3 Cobre.....	17
2.4 Ferro.....	18
2.5 Chumbo.....	19
2.6 Cádmio.....	20
2.7 Cromo.....	21
3 OBJETIVOS.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A água configura um nutriente essencial e um recurso vital para todos os animais, independentemente de espécie ou categoria. De acordo com Pereira *et al.* (2009), a água desempenha diversas funções orgânicas, como o deslocamento adequado dos alimentos ao longo do trato gastrointestinal, a digestão e absorção dos nutrientes, a manutenção do volume normal de sangue, a irrigação dos tecidos do corpo e a termorregulação. Para desempenhar essas funções de forma eficaz, é necessário que os animais tenham acesso irrestrito a água de qualidade.

No Brasil e, de maneira especial, no semiárido, os pecuaristas enfrentam desafios significativos quanto à disponibilidade hídrica para a dessedentação animal. Além da quantidade adequada, a qualidade da água é crucial, pois a utilização de água de baixa qualidade pode prejudicar os índices zootécnicos e a saúde dos rebanhos. Estudos têm sido realizados para avaliar o impacto da água salina na produção de ruminantes (CASTRO *et al.*, 2017; ROSA *et al.*, 2019; COSTA *et al.*, 2021). De modo geral, esses estudos indicam que as espécies ruminantes têm certa tolerância à salinidade da água (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). Em contraste, animais não ruminantes, como aves, suínos e equinos, têm menor capacidade de lidar com água contendo altos níveis de sais, o que pode levar a distúrbios metabólicos e problemas de saúde, reforçando a necessidade de pesquisas nessa área.

No Nordeste do Brasil, estudos têm investigado a qualidade da água utilizada na dessedentação animal e sua relação com o desempenho produtivo. Melo *et al.* (2017), ao avaliar atributos físico-químicos de diferentes fontes de água na região do Cariri Paraibano, encontraram níveis de minerais acima dos recomendados para aves e suínos. Assim, é fundamental estabelecer a qualidade da água disponível para os animais de produção em outras áreas do semiárido, como o Território da Chapada do Vale do Rio Itaim, no estado do Piauí, onde atividades pecuárias como a caprinovinocultura e apicultura têm grande importância econômica para as populações locais.

Segundo Viana *et al.* (2023), a qualidade da água pode ser monitorada por meio da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, incluindo a presença de metais pesados, que refletem a qualidade da água. A qualidade da água é influenciada principalmente por sua fonte, forma de tratamento, armazenamento e distribuição (ROSA *et al.*, 2013; PALHARES, 2014). Em uma propriedade rural, pode haver várias fontes de água disponíveis para a dessedentação dos animais e outros serviços, cuja escolha depende da quantidade e qualidade da água, do risco ambiental e do custo de captação e distribuição (PALHARES, 2014). Nos sistemas de produção animal, fatores como o tipo de material dos bebedouros e a frequência de higienização dos equipamentos também afetam a qualidade da água consumida pelos animais.

A água ingerida pelos animais é uma importante fonte de macro e microminerais. No entanto, altas concentrações de minerais ou a presença de metais tóxicos na água podem comprometer a sanidade dos rebanhos, reduzir o consumo de alimentos, causar intoxicações e danificar tubulações e equipamentos. Além disso, metais tóxicos podem se acumular nos tecidos dos animais ou ser excretados via leite, urina ou fezes, contaminando o ambiente e os consumidores dos produtos derivados desses animais (BATISTA *et al.*, 2004).

Ainda são poucos os estudos que avaliam os pré-requisitos para a potabilidade e adequação da água para dessedentação das diversas espécies

animais no semiárido brasileiro, especialmente na região do Vale do Rio Itaim. Muitas comunidades rurais não são abastecidas por redes de fornecimento de água e dependem de fontes alternativas. Ribeiro (2021) aponta que, na maioria dos locais de pecuária, a água oferecida aos animais não passa por tratamento sanitário ou avaliação dos teores minerais.

Portanto, é crucial conscientizar os produtores rurais sobre a importância de fornecer água de qualidade aos animais, dada a relevância desse nutriente para a saúde animal e, conseqüentemente, para a lucratividade dos sistemas de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da qualidade da água na produção animal

No contexto dos sistemas de produção animal, a qualidade da água destinada à dessedentação dos animais é de extrema importância e pode ser influenciada por diversos fatores. Dentre esses fatores, destacam-se as fontes de água (como poço escavado, poço artesiano, represa, riacho, açude, água da chuva ou empresa pública de abastecimento), o tipo de material dos bebedouros (plástico, metal, borracha, dentre outros) e a frequência de higienização desses equipamentos. Esses aspectos têm um impacto direto na qualidade da água ingerida pelos animais.

A água oferecida aos animais pode apresentar variações significativas nas suas características físico-químicas, que devem ser avaliadas para garantir a sua adequação. As principais variáveis a serem observadas incluem pH, salinidade, turbidez, condutividade elétrica, concentração de minerais e metais tóxicos (PEREIRA *et al.*, 2009; PALHARES, 2014; MELO *et al.*, 2017; PEDRO *et al.*, 2021). A qualidade da água é fortemente influenciada pela sua fonte, forma de tratamento, armazenamento e distribuição (ROSA *et al.*, 2013; PALHARES, 2014). Melo *et al.* (2017) observaram, na região do Cariri Paraibano, teores de minerais acima do recomendado para aves e suínos, destacando a necessidade de um controle rigoroso desses parâmetros.

Em regiões com características geológicas específicas de clima semiárido, como muitas áreas do Brasil, a água frequentemente apresenta altos teores de sais, tornando-se salobra e imprópria para o consumo humano e para a irrigação (ZANELLA, 2014). Essas condições também podem tornar a água imprópria para o consumo de animais domésticos. Na zona rural, a maioria das comunidades não é abastecida pelas redes de fornecimento de água e depende de fontes alternativas. Além disso, a água oferecida aos animais frequentemente não passa por tratamento sanitário ou avaliação dos teores de minerais (RIBEIRO, 2021).

A quantidade e a qualidade da água disponível impactam diretamente os animais de produção em todas as fases produtivas. Problemas como diminuição da ingestão de alimentos, alterações na saúde e, conseqüentemente, na produtividade podem ocorrer (SILVA, 2021). A água dos bebedouros representa uma importante fonte de macro e microminerais, mas, quando apresenta altas concentrações de metais tóxicos ou acidez excessiva (pH muito baixo), pode prejudicar a sanidade dos rebanhos, reduzir o consumo de alimentos, predispor os animais a distúrbios nutricionais e metabólicos e comprometer equipamentos e tubulações.

A contaminação da água dos animais de interesse zootécnico por minerais com traços tóxicos, como Flúor (F), Selênio (Se), Ferro (Fe) e Molibdênio (Mb) podem causar distúrbios sérios aos bovinos, ovinos e aves (PEREIRA, 2009). A exposição a esses metais pode levar a distúrbios metabólicos, redução na produção de carne, leite e ovos, além de problemas reprodutivos. Em adição, segundo Alloway (2013), metais tóxicos podem se acumular nos tecidos do corpo animal ou ser excretados via leite, urina ou fezes, contaminando o ambiente e os produtos alimentícios de origem animal. O acúmulo de metais pesados, por sua vez, resulta em alterações brutas e histopatológicas podendo resultar no crescimento e produção prejudicados (AFZAL e MAHREEN, 2024).

Os mesmos autores ainda explicam que, apesar do papel essencial de alguns metais na manutenção de funções bioquímicas e fisiológicas, todos os metais exercem seus efeitos tóxicos por meio de interferência metabólica e mutagênese. Deste modo, esses metais afetam diversos componentes do organismo animal, sendo o fígado tipicamente o primeiro impactado, seguido pelos rins, cérebro e sistema reprodutivo. Os metais potencialmente tóxicos abordados foram: Mn, Cu, Fe, Pb, Cd e Cr.

2.2 Manganês

O Mn é um dos nutrientes que se apresenta como fundamental para diversificados organismos vivos, quando em quantidades adequadas. Para os seres humanos, o manganês é essencial para que haja melhoria dos processos de reprodução. A quantidade correta de manganês pode ainda proporcionar a obtenção de estrutura óssea saudável, além de correto funcionamento do sistema nervoso (CETESB, 2022).

Apesar de ser um elemento essencial para os animais, em concentrações elevadas o Mn pode ser tóxico. Estudos indicam que a presença de Mn em níveis elevados pode causar desequilíbrios metabólicos e afetar a saúde animal. Em um estudo envolvendo esterco de vacas, caprinos e aves, as concentrações de Mn foram predominantes em todas as amostras analisadas (SUNGUR *et al.*, 2016). Outro estudo detectou níveis de Mn variando de 2,52 a 13,25 µg/g em fígado, rim e carne de bovinos, ovinos e caprinos (BIRMIN-YAURI *et al.*, 2018). Em outro trabalho, as concentrações de Mn observadas foram correlacionadas positivamente com outros metais pesados, indicando uma possível interação entre esses elementos (PROSKURA *et al.*, 2016).

O Mn pode ser ingerido por meio do consumo de determinados alimentos e também pode ser encontrado em suplementos alimentares. É característica a baixa toxicidade após a ingestão do metal. No entanto, é importante salientar que a exposição crônica a substâncias que contenham esse elemento em sua composição pode ocasionar, em seres humanos, problemas de saúde, sendo comum que ocorram quadros de tosse, náusea, cansaço, ausência de apetite, dificuldades para dormir, cefaleia e até mesmo situações mais graves como inflamações pulmonares (CETESB, 2022).

Em casos de exposições a níveis elevados em seres humanos podem ocorrer quadros ainda mais graves como efeitos de caráter neurológico e neuropsiquiátrico, tais como alucinações, comportamentos com distúrbios que podem conduzir a doenças como Mal de Parkinson, chamada também de manganismo. A doença em situações mais progressivas pode causar mudanças

faciais, músculos rígidos e até mesmo dificuldades de marcha (CETESB, 2022).

Apesar de não existirem estudos mais completos, a literatura existente tem apresentado que os seres humanos são expostos, geralmente, a níveis elevados de Mn por via inalatória. Já os animais são expostos pela via oral. Não existem relatos de deficiência de manganês em seres humanos. No entanto, em relação aos animais, a literatura indica que há deficiências do metal, sendo essa condição caracterizada por crescimento prejudicado, dificuldades reprodutivas, no caso das fêmeas, além de degeneração testicular nos machos (CETESB, 2022). Nas aves, é comum que a ausência de Mn ocasione doenças como perose e condrodistrofia nutricional. Já nos mamíferos, a ingestão menor do que a recomendada poderá atrapalhar o crescimento dos animais e até mesmo a capacidade de reprodução (BUENO *et al.*, 2019).

2.3 Cobre

O Cu é um dos metais mais importantes que podem ser encontrados no corpo humano, estando devidamente distribuído por todo o organismo, em diferentes níveis. Segundo Oliveira *et al.* (2018), a ocorrência dos efeitos tóxicos do Cu é dependente de fatores como a sua natureza química, o tipo e o grau de exposição, o lugar em que ocorre a exposição, as vias metabólicas e a dose. A compreensão da toxicidade do Cu só pode ser realizada se antes forem entendidos os mecanismos moleculares do metal, pois os níveis de toxicidade do elemento são variáveis de acordo com o ambiente de exposição, assim como quais são as espécies expostas, uma vez que são diferentes os efeitos da exposição para seres humanos e animais.

No caso da piscicultura, o sulfato de Cu tem sido utilizado para resolver problemas de reprodução de peixes (SAMPAIO *et al.*, 2013). Contudo, se utilizado indevidamente e em grandes quantidades nas águas, pode ocasionar toxicidade para as espécies aquáticas. O meio de absorção do Cu pelos peixes é pela via respiratória, ou seja, através das brânquias. Por conter atributos hidrofílicos, o sulfato de Cu é absorvido com facilidade pelos peixes, sendo também eliminado com facilidade pelos rins. O problema em relação à eliminação é que pode ocorrer reabsorção do metal e com maior potencialidade de biotransformação, uma vez que na reabsorção o metal fica ainda mais hidrossolúvel (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Oliveira *et al.* (2018) constataram que a quantidade letal de Cu em seres aquáticos é modificada de acordo com o tempo de exposição ao agente, sendo 2 mg/L no intervalo entre 24 e 48 horas e 0,5 mg/L entre 72 e 96 horas.

O Cu é um micronutriente essencial, necessário para o funcionamento de várias enzimas, mas em excesso pode ser tóxico. Em relação aos ovinos, Costa (2011) salientou que essa espécie animal tem maior possibilidade de intoxicação ou deficiência quando em comparação a outros mamíferos, por exemplo. A ingestão inadequada de Cu, fora das exigências nutricionais e dietéticas recomendadas, pode ocasionar um nível de acúmulo da substância em diversos tecidos dos animais, sobretudo no fígado, o que gera consequentemente intoxicação.

Shen *et al.* (2020), em estudo avaliando o efeito dos metais pesados ambientais na função antioxidante em animais, observaram a contaminação por Cu em ovelhas e sua relação com prejuízos a funções antioxidantes. Em um estudo sobre esterco de animais, as concentrações de Cu foram encontradas em níveis elevados, especialmente em esterco de galinhas (CANG *et al.*, 2004). Por outro

lado, em alimentos derivados de animais, as concentrações de Cu foram encontradas em níveis seguros, podendo apenas representar um risco se houver exposição contínua (WU *et al.*, 2016).

Ferreira *et al.* (2008) explicaram que a ocorrência de intoxicação por sulfato de Cu não é fixa, podendo acontecer de diversas maneiras, dependendo das condições nutricionais previamente estabelecidas. Não há indícios de intoxicação em rebanhos ovinos criados com dietas contendo baixos teores de sal mineral. Por outro lado, em rebanhos alimentados com dietas nas quais haja alta concentração de sal mineral contendo Cu e, por longos períodos de tempo, a letalidade pode chegar a 50%. O nível de letalidade dependerá diretamente das condições de exposição e dos tratamentos realizados nos casos de intoxicação.

2.4 Ferro

O Fe é crucial para a saúde animal, pois participa em muitas funções biológicas, mas seu excesso pode causar toxicidade. Em um estudo realizado na China, as concentrações de Fe em alimentos derivados de animais foram significativamente altas, mas ainda dentro dos limites recomendados (WU *et al.*, 2016). Além disso, Proskura *et al.* (2016), analisando as concentrações de minerais em leite de vacas Jersey, observou correlações significativas de Fe com vários outros elementos, sugerindo uma complexa interação mineral.

Bellezi (2020) aponta que os estudos sobre a toxicidade do ferro nos peixes ainda são poucos e inconclusivos, mas acrescenta que até o momento há evidências de que o ferro possui a capacidade de ocasionar distúrbios de caráter respiratório nos seres aquáticos, atuando na homeostase iônica-osmótica desses animais e promovendo em associação a essa atuação modificações morfo-funcionais no epitélio branquial.

Nos seus estudos, Bury *et al.* (2012) demonstrou que a exposição de peixes a altas concentrações de ferro pode ocasionar episódios de mortalidade em decorrência de uma ação tóxica do ferro sobre o epitélio branquial dos animais, agindo de maneira negativa sobre a necessidade de troca gasosa realizada para que seja mantida a pressão adequada de oxigênio encontrado no sangue dos animais.

Segundo explica Moruzzi (2012), o ferro pode ser encontrado diretamente no solo e em minerais como óxido férrico insolúvel e o dióxido mangânico e também é comumente utilizado para o tratamento de água destinada ao abastecimento público no Brasil. No entanto, em níveis excessivos e acima do que seja recomendado, o ferro pode ocasionar diversos problemas ao ser humano se utilizado de maneira inadequada.

Richter e Azevedo Netto (1991) apresentam como alguns dos problemas relacionados com o uso excessivo de ferro os seguintes: tecidos, roupas e utensílios sanitários com manchas; alimentos com sabor prejudicado, com tom metálico em decorrência dos níveis exagerados de ferro; bebidas como chás e cafés com sabores alterados; processos industriais modificados; surgimento de bactérias nocivas à saúde humana.

Além dos problemas acima mencionados, o acúmulo de ferro e manganês nos sistemas de abastecimento de água podem ocasionar maus odores por causa do aparecimento de bactérias nos sistemas de distribuição. Carlson *et al.* (1997) atribuíram ao ferro a existência de coloração, sabor e canalizações com níveis de

toxicidade e acrescenta que apesar de o ferro parecer inofensivo, ele pode causar sérios danos ao sistema de abastecimento público de água.

Para os suínos, Almeida *et al.* (2007) explica que o ferro é uma substância essencial ao seu desenvolvimento completo, mas alerta para as possibilidades de lesões quando ocorra destruição da membrana celular dos animais pela ingestão incorreta de ferro. Para analisar qual a dosagem adequada de ferro é recomendada aos animais é preciso que sejam quantificadas as variáveis ligadas ao ferro orgânico por meio do eritrograma, da dosagem de ferro, da transferrina e da ferritina sérica.

Já em relação ao animal bovino, aproximadamente 70% do seu corpo é formado por hemoglobinas e 30% delas estão no fígado, baço, na medula e na parte óssea. A hemoglobina é analisada quando se quer avaliar os níveis de ferro nos animais, que somente em casos excepcionais ocorre em animais bovinos, sendo vista em casos de parasitismo ou hemorragia. A quantidade de ferro disponível em solos considerados tropicais é alta e atende à demanda de bovinos existente (MORAES, 2021).

No entanto, é preciso ficar atento aos efeitos tóxicos do ferro no organismo dos animais, podendo ser causa de deficiências quando absorvido em excesso pelo duodeno. Dentre os efeitos negativos dessa absorção excessiva de ferro está o complexo insolúvel com o fósforo no rúmen e a constituição de hemossiderina no fígado e no baço dos animais. Além desses fatores, o ferro também possui a capacidade de contaminar outras substâncias de mistura mineral (MORAES, 2021).

2.5 Chumbo

O chumbo faz parte dos elementos químicos que são conhecidos por seus efeitos mais devastadores e capazes de provocar uma grande quantidade de doenças quando em contato com seres vivos. Em seres humanos, por exemplo, o acúmulo de chumbo pode ocasionar danos às funções cerebrais, ao sistema sanguíneo, digestivo e reprodutor, com possibilidades inclusive de favorecer mutações genéticas em crianças cujos pais tiveram contato com o elemento anteriormente (SENADO, 2008).

Em animais, a intoxicação por chumbo é um problema, mas em animais de produção, pode ser ainda mais grave. O chumbo é um metal pesado altamente tóxico que pode causar uma série de problemas de saúde. A contaminação por Pb em ovelhas foi associada a uma diminuição nas funções antioxidantes (SHEN *et al.*, 2020). Cang *et al.* (2004), em um estudo sobre esterco de animais, encontrou concentrações de Pb em níveis elevados, especialmente em esterco de galinhas.

Proskura *et al.* (2016), em estudo com vacas da raça Jersey, inferiu que as concentrações de Pb excederam os níveis permitidos, indicando uma contaminação significativa. Segundo Guagnini *et al.* (2018) animais bovinos são comumente intoxicados por chumbo. Outros animais, como equinos, ovinos, caninos, felinos, aves e suínos, embora também possam ser intoxicados pelo chumbo, não apresentam intoxicação na mesma proporção que os bovinos.

A intoxicação pelo consumo de chumbo pode ocorrer tanto pela ingestão de produtos que tenham esse elemento na composição, como por exemplo, baterias e pilhas, quanto por meio da ingestão de água contaminada. O principal efeito do chumbo nos bovinos é no sistema neurológico, podendo ocorrer alterações

histopatológicas e necropsia, que também irão variar de acordo com o nível de intoxicação (GUAGNINI *et al.*, 2018).

No caso dos peixes, Mwalikenga e Vital (2020) explicam que uma vez contaminados, eles se tornam contaminadores dos seres humanos, podendo afetar diversas funções do organismo, músculos e ossos. Em relação aos equinos, Guzatti *et al.* (2021) relata que mesmo que os animais consumam chumbo, haverá poucas consequências para os humanos, uma vez que raramente há consumo de equinos por pessoas.

São alguns dos sintomas que podem aparecer pela intoxicação com chumbo: vias aéreas obstruídas, quadros de diarreia, náuseas e vômitos, convulsões, estados mentais perturbados, dentre outros. A sintomatologia depende diretamente da quantidade de chumbo ingerida e podendo ocasionar a morte do ser vivo intoxicado. É importante salientar que a prevenção é o melhor caminho nos casos em que haja descarte de produtos com chumbo em sua composição (LUCCA, 2017).

2.6 Cádmio

O cádmio é altamente tóxico e pode causar danos renais e ósseos. Em ovelhas, a contaminação por Cd foi associada a uma diminuição nas atividades antioxidantes, indicando um impacto negativo na saúde (SHEN *et al.*, 2020). Tomza-Marciniak *et al.* (2011), em análises minerais de leite de vacas em diferentes sistemas de criação, inferiu que as concentrações de Cd foram similares em fazendas orgânicas e convencionais, indicando uma contaminação ambiental generalizada. Deste modo, faz-se crucial atentar para a presença desse metal nos meios de criação animal, sobretudo na água de dessedentação.

Este elemento pode ser encontrado em associação com o zinco e também com o chumbo e cobre, embora nesses últimos casos em menor medida. Em águas superficiais e também subterrâneas, o cádmio pode ser encontrado como íon livre ou ainda como complexos iônicos. Os rios, em decorrência da ocorrência dos processos de erosão, são grandes transportadores deste mineral por todos os oceanos. Quando absorvido por plantas ocasiona maior concentração do elemento no solo, gerando consequentemente maiores níveis da substância em alimentos e rações. No entanto, a sua maior concentração acontece nos ares e nas águas devido a sua maior mobilidade nesses ambientes (ALKMIM FILHO, 2011).

Alimentos como carnes vermelhas e brancas, ovos e laticínios possuem esse metal em pouca quantidade, mas deve-se estar atento à possibilidade de maiores concentrações da substância em fígados e rins. No caso das aves, Steil (2013) argumenta que o cádmio apresenta uma ampla variedade de efeitos indesejados e que estudos são realizados envolvendo os embriões das aves por apresentarem maior sensibilidade. Outros estudos realizados com espécies de peixes também comprovaram maior letalidade dos animais quando submetidos à contaminação por cádmio.

Em embriões de anfíbios, experimentos demonstraram que o nível de letalidade está diretamente ligado com a quantidade de concentração do elemento, mas diversas anomalias de saúde foram apresentadas pelos animais quando em contato com o cádmio, dentre elas: anomalias oculares, aparição de bolhas na pele e desaceleração do crescimento. Em animais placentários observou-se que o contato com o cádmio oportunizou dificuldades de reprodução por agir sobre

órgãos diretamente ligados a essa função (STEIL, 2013).

Amorim *et al.* (2005) alerta para a ocorrência de distrofia muscular nutricional em ovinos quando da ingestão de cádmio pelos animais. Em suínos, por sua vez, Costa *et al.* (2023) relata que no Brasil são raros os casos de contaminação por cádmio. Sardinha (2015) acrescenta que a exposição ao cádmio pode provocar graves danos a animais e a humanos, podendo inclusive provocar a morte.

2.7 Cromo

O cromo pode existir em várias formas, algumas das quais são tóxicas. Em um estudo sobre esterco de animais, as concentrações de Cr foram observadas em níveis elevados, especialmente em esterco de galinhas (CANG *et al.*, 2004). As concentrações de Cr foram correlacionadas positivamente com outros metais pesados, indicando uma possível interação entre esses elementos (PROSKURA *et al.*, 2016). Em alimentos derivados de animais, as concentrações de Cr foram encontradas em níveis seguros, mas a exposição contínua pode representar um risco (YAKETON WU *et al.*, 2016).

A ausência de uma alimentação com cromo trivalente pode estar associada a elevadas taxas de glicose no sangue, além de outros problemas, como lesões na aorta, que são possíveis em decorrência da alimentação insuficiente de cromo. Todavia, como todos os alimentos e nutrientes, o consumo de cromo deve ser adequado e suficiente dentro de um padrão saudável de dieta. Quando ingerido de maneira irregular e acima do teor recomendado, problemas de intoxicação podem acontecer (BARBOSA, 2017).

O cromo é dividido em diversos números, sendo que o Cr (VI) é considerado uma substância cancerígena. A exposição de trabalhadores ao cromo pode desencadear o aparecimento de câncer de pulmão. Já o Cr (III) quando ingerido em doses nutricionais adequadas pelos seres humanos é considerado não tóxico. Torna-se tóxico a partir de um processo de oxidação que pode sofrer na natureza, e nesses casos é impróprio para consumo. No entanto, mesmo o Cr (III) pode estar contaminado por partículas de Cr (VI), sendo difícil avaliar na prática se o cromo está ou não livre de toxicidade (BARBOSA, 2017).

Para Bulegon *et al.* (2019), cada vez mais tem crescido o interesse da comunidade por promover análises e investigações em torno da assimilação de metais pesados e as suas influências quando em contato com seres vivos. O processo de acúmulo desses metais nos organismos vivos é denominado de bioacumulação e pode transferir-se de um para outro organismo, sendo isso o que comumente acontece em razão do consumo por animais de plantas ou água contaminada e da mesma forma o consumo por humanos de animais infectados.

Em seu estado de oxidação, o cromo IV geralmente desencadeado por processos de natureza industrial é solúvel e quando ingerido por animais torna-se um agente cancerígeno (BULEGON *et al.*, 2019). Sigarini (2016) argumenta que os bovinos são os animais que mais ficam expostos à intoxicação alimentar ou por meio do consumo de água contaminada com metais pesados, como cromo, por serem animais não seletivos em relação à alimentação que consomem. Uma vez intoxicado o animal bovino, que produz carne vermelha consumida pelo ser humano, ocorre intoxicação humana pelo processo de transferência. O mesmo vale para os demais animais consumidos pelo homem.

Miranda Filho *et al.* (2011) acrescenta que a contaminação dos recursos

hídricos fornece uma ampla possibilidade de contaminação de peixes. Consequentemente, os animais adoecem e morrem ou são consumidos por humanos que acabam desenvolvendo doenças pela ingestão do animal contaminado. O problema da absorção do cromo pelos peixes é que a água dissolve facilmente o material e com isso há maior acúmulo da substância naquele ambiente, gerando maior contaminação dos seres aquáticos e adoecendo o seu ambiente natural.

Diante do exposto, exposição a altas concentrações de Mn, Fe, Cu, Cr, Cd e Pb pode ter efeitos adversos significativos na saúde dos animais de produção. Esses metais pesados podem se acumular nos tecidos, causando desequilíbrios metabólicos e bioquímicos que afetam a saúde dos animais e a segurança alimentar humana.

3 OBJETIVOS

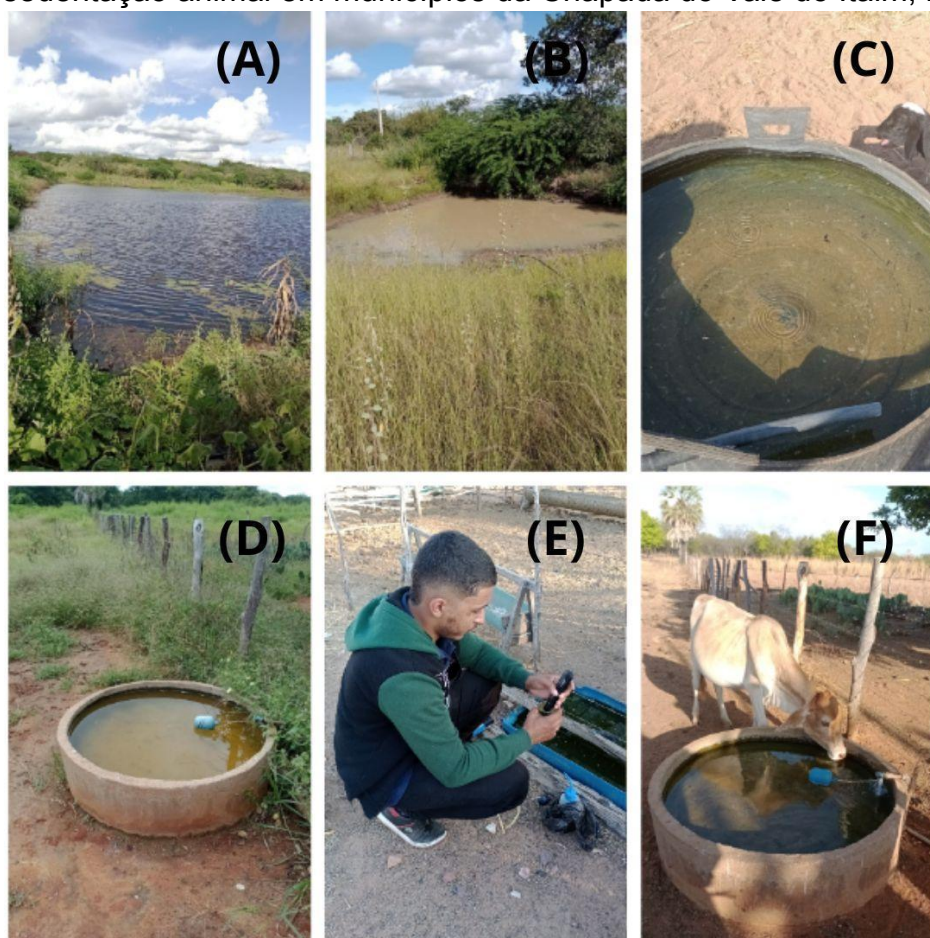
Com o presente estudo objetivou-se investigar a qualidade da água de dessedentação animal em municípios do Vale do Rio Itaim - Piauí, analisando as concentrações de metais potencialmente tóxicos e as características do fornecimento hídrico aos animais, proporcionando assim maiores informações sobre esse relevante recurso para a produção animal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido com envolvimento de 20 estabelecimentos rurais dos municípios de Acauã, Betânia do Piauí, Jacobina do Piauí e Paulistana, que estão situados no território da Chapada do Vale do Rio Itaim, semiárido do Piauí, Nordeste do Brasil. Segundo a classificação climática de Koppen e Geiger (1930), a região do território apresenta clima tipo BShw' (Semiárido), caracterizado por temperaturas elevadas e estáveis, com média de 30,2°C (INMET, 2024) e baixas precipitações médias anuais (média de 561 mm), com distribuição irregular ao longo do ano (SIDERSKY, 2017).

Foram coletadas amostras de água em 5 propriedades por município, sendo realizada uma visita em cada propriedade para coleta de duas amostras, cada uma proveniente de um bebedouro e/ou fonte de água diferente, que são destinados a dessedentação animal, totalizando 40 amostras (4 municípios x 5 propriedades por município x 2 amostras por propriedade). O período de coleta se estendeu de outubro a novembro de 2023 (Figura 1).

Figura 1 – Barragens (A e B) e bebedouros (C, D, E e F) utilizados na dessedentação animal em municípios da Chapada do Vale do Itaim, Piauí



Fonte: Arquivo pessoal.

As amostras foram coletadas e armazenadas em tubos tipo Falcon estéreis com capacidade de 50 mL, seguindo-se a metodologia proposta pelo Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2004). Em seguida, os recipientes com as amostras foram identificados, acondicionados em caixas isotérmicas e conduzidos até o Laboratório de Ciências Agrárias do Instituto Federal do Piauí (IFPI), *Campus* Paulistana, sendo armazenados a 4°C para posteriores análises (Figura 2).

Figura 2 – Trabalho de coleta de amostras de água de dessedentação animal em fontes de água (A, B) ou bebedouros (C e D) e amostras armazenadas (E e F).



Fonte: arquivo pessoal

Foram mensuradas as concentrações dos seguintes metais pesados/potencialmente tóxicos: manganês (Mn), cobre (Cu), ferro (Fe), cromo (Cr), chumbo (Pb) e cádmio (Cd). Para avaliação dos teores destes minerais, as amostras foram transferidas para tubos Falcon estéreis de 50 mL, com posterior diluição (10-100x), usando-se água deionizada, além de acidificadas a 5% com ácido nítrico (HNO_3), sendo essa etapa realizada no Laboratório de Qualidade do Leite do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife (Figura 3).

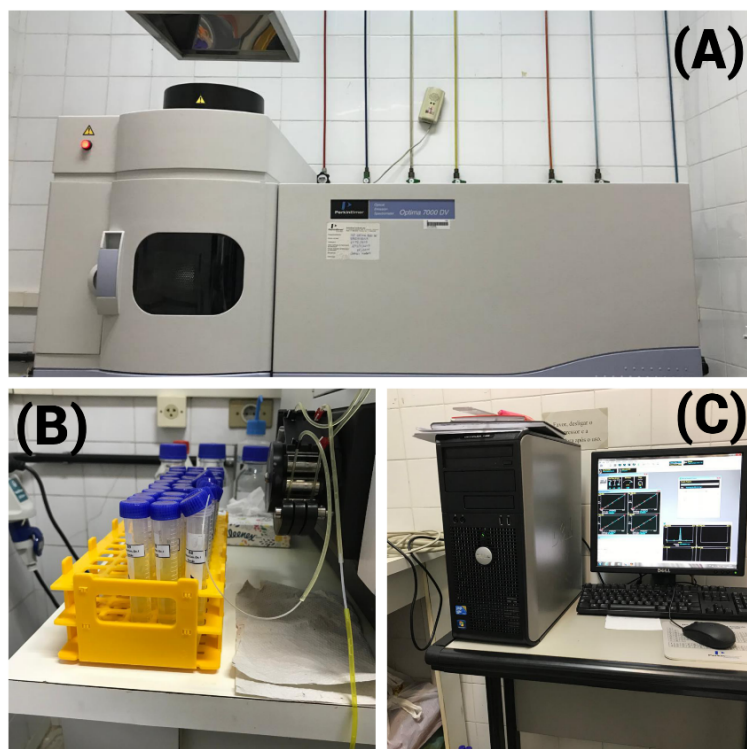
Figura 3 – Diluição e acidificação de amostras de água de dessedentação animal coletadas em municípios da Chapada do Vale do Itaim, Piauí.



Fonte: Arquivo pessoal

As concentrações foram determinadas em espectrômetro de emissão óptica de plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), modelo Optima 7000 DV (Perkin Elmer, EUA) (Figura 4), utilizando-se padrão multielementar (Inorganic Ventures®).

Figura 4 – (A) ICP-OES, (B) tubos Falcon com as amostras diluídas e acidificadas e (C) computador acoplado ao equipamento utilizado na determinação do perfil de microminerais em amostras de água utilizadas na dessedentação animal em municípios da Chapada do Vale do Itaim, Piauí.



Fonte: arquivo pessoal

Todas as amostras foram analisadas em triplicata e as concentrações dos metais expressas em mg/L. As análises da composição micromineral das amostras foram realizadas na Central Analítica do Departamento de Química Fundamental (DQF) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em Recife, estado de Pernambuco.

Durante as coletas foram utilizadas fichas de campo para registro de informações relativas ao manejo da água de consumo animal, tais como fonte de abastecimento, tratamento da água, tipo de material dos bebedouros, condições de higiene e frequência de limpeza dos bebedouros, além das espécies animais que ingeriam a água.

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas, com auxílio do programa Microsoft Excel® 2016. O programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2009) foi utilizado para a realização da análise estatística dos dados, sendo estes submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, analisados em delineamento inteiramente casualizado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores níveis de Fe, Cr, Pb e Cd foram detectados nas águas provenientes do município de Acauã em comparação àquelas dos demais municípios ($P < 0,05$). Comportamento semelhante foi observado quanto às concentrações de Cu, sendo o teor médio desse elemento contido nas amostras coletadas em Acauã superior aos verificados em Betânia do Piauí e Paulistana, sem diferir significativamente daquelas oriundas de Jacobina do Piauí ($P = 0,0063$). Por outro lado, não houveram diferenças estatísticas entre os valores de Mn presentes nas águas de dessedentação animal, por município ($P = 0,0918$; Tabela 1).

Tabela 1 – Concentração de microminerais na água de dessedentação animal utilizada em municípios do Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido Piauiense

Elementos (mg/L)	Municípios				EPM [*]	Valor de P
	1	2	3	4		
Manganês (Mn)	7,75	5,60	5,63	5,60	0,717	0,0918
Cobre (Cu)	5,52a	4,61b	4,81ab	4,60b	0,207	0,0063
Ferro (Fe)	2,81a	0,77b	1,03b	1,32b	0,389	0,0017
Cromo (Cr)	2,11a	2,00b	2,01b	1,98b	0,024	0,0019
Chumbo (Pb)	1,80a	0,76b	1,13b	0,85b	0,138	0,0001
Cádmio (Cd)	0,99a	0,80b	0,79b	0,79b	0,030	0,0001

1: Acauã; 2: Betânia do Piauí; 3: Jacobina do Piauí; 4: Paulistana. * erro padrão da média. Médias com letras minúsculas diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Comparando-se os resultados obtidos neste estudo aos requisitos estabelecidos pela resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005): manganês (0,5 mg/L), cobre (0,013 mg/L), ferro (5,0 mg/L), cádmio (0,01 mg/L), cromo (0,05 mg/L) e chumbo (0,033 mg/L), observa-se que as concentrações de todos os minerais analisados, com exceção do Fe, encontram-se acima dos padrões de qualidade da água para dessedentação animal (águas de classe III), nos quatro municípios, o que pode ter relação com diversos fatores, tais como fontes de água utilizadas, material dos bebedouros, frequência de limpeza dos bebedouros, tratamento prévio da água, ocorrência de mineração nas proximidades, entre outros.

A maior parte das amostras de água analisadas (65%) são provenientes de poços artesianos (Gráfico 1), o que pode ter relação com as altas concentrações de minerais verificadas nas águas coletadas, em função do maior contato com rochas, com consequente solubilização de elementos, haja visto que a composição química das águas subterrâneas é influenciada principalmente pelas reações entre água e rocha nos aquíferos (BULIA e ENZWEILER, 2015). Reservatórios subterrâneos geralmente apresentam muitos sólidos em suspensão (DOMENICO e SCHWARTZ, 1997). Portanto, não se pode desconsiderar as peculiaridades do material rochoso onde cada poço artesiano é perfurado.

O município de Acauã apresentou a maior frequência de uso de águas superficiais na dessedentação animal (Tabela 2), podendo estar relacionado às maiores concentrações de minerais em relação aos demais municípios, uma vez que águas superficiais estão mais propensas ao aumento das concentrações de sais no período seco, devido à elevada taxa de evaporação típicas da região, e ao aporte intensificado de sais presentes no solo, que são carregados pelas chuvas para os corpos d'água no período de chuvas intensas, (FONTES et al, 2015). Assim, deve-se considerar que a coleta foi realizada durante o período seco, quando as águas superficiais já se encontravam em quantidade reduzida, aumentando assim a concentração desses elementos.

Tabela 2 – Fontes de água utilizadas na dessedentação animal no Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido Piauiense, por município

Tipos de fonte	Utilização por município (%)			
	1	2	3	4
Barreiro	21,05	0,00	10,00	15,79
Barragem	31,58	10,00	0,00	0,00
Cacimbão	0,00	0,00	0,00	10,53
Poço artesiano	47,37	70,00	90,00	73,68
Rio/Riacho	0,00	20,00	0,00	0,00

1: Acauã; 2: Betânia do Piauí; 3: Jacobina do Piauí; 4: Paulistana

Costa *et al.* (2020) relataram que, considerando-se o rigor climático do semiárido do Nordeste, não é de se esperar águas de ótima qualidade nas aluviões ou reservatórios superficiais. De um modo geral, as águas nos depósitos aluviais e açudes da região são sensivelmente carregadas de sais, podendo, no entanto, serem consideradas como aceitáveis para alguns usos, sobretudo na ausência de outros mananciais disponíveis. Em estudo realizado por Barbosa, Nery e Barbosa (2017), em açudes do semiárido, as concentrações de fósforo na água estiveram acima do recomendado pelo Conama (2005), durante todo o período de estudo. Os autores consideraram essa como sendo uma característica típica de reservatórios do semiárido.

É válido ressaltar que não há registros de atividades de mineração nas localidades onde situam-se as propriedades envolvidas nesta pesquisa, não sendo possível atribuir as concentrações dos minerais detectados neste trabalho a essa atividade de extração. Por outro lado, é possível que tenha relação com atividades de mineração em municípios circunvizinhos, visto que autores com Goyburo *et al.* (2023) observaram correlações entre a proximidade com cidades em que existem atividades de mineração e os níveis de minerais da água. Assim, não se descarta a possibilidade para os municípios em questão.

Para Souza *et al.* (2009), em estudo que avaliou a contaminação por metais pesados em componentes biológicos de bovinos provenientes de duas regiões distintas e em duas épocas de coleta de amostras, a variável época de amostragem indicou efeito da sazonalidade, com tendência de as amostras coletadas no verão (de dezembro a março) apresentarem maiores teores de metais pesados em algumas das matrizes biológicas avaliadas (sangue, soro, pelo e leite). Como o período de coletas da presente pesquisa se estendeu de outubro a novembro (final

do período seco, na região envolvida), compreende-se que as concentrações de minerais podem apresentar variações se realizadas em épocas diferentes.

Por sua vez, Brittes (2017) reportou que as águas da chuva e a elevação nas concentrações de oxigênio dissolvido, assim como a queda do pH, são favoráveis ao aumento nas concentrações de metais nas águas subterrâneas, em especial para Fe e Mn. Essa informação se torna relevante, uma vez que após as análises das amostras coletadas, o município de Acauã apresentou a menor média de pH (pH = 7,34). Assim, pode-se, parcialmente, correlacionar maiores concentrações de Fe e Mn observadas nas águas deste município aos seus menores valores de pH.

Picanço *et al.* (2002) apontaram para o regime de bombeamento (há quanto tempo foi perfurado, frequência e intensidade de captação da água) e para a profundidade de perfuração como possíveis fatores que interferem nas concentrações de microminerais em águas subterrâneas. Desse modo, as diferenças nas concentrações de minerais potencialmente tóxicos observadas podem estar ligadas às características peculiares de cada fonte/reservatório de onde a água é oriunda.

Com relação aos minerais que se encontram em níveis acima dos padrões estabelecidos, é importante conhecer e considerar seus possíveis efeitos sobre animais, quando em altas concentrações. A presença de Mn na água, mesmo em baixas concentrações, pode resultar em deposição de óxidos de Mn na tubulação, o que pode causar o desprendimento de depósitos de óxidos de Mn e resultar em redução da qualidade estética da água, que passa a ter coloração marrom escura, gosto indesejável, além de causar manchas nas instalações e nos equipamentos (POSTAWA e HAYES, 2013; BRITTES, 2017).

Concentrações de Cu elevadas podem ocasionar um nível de acúmulo da substância em diversos tecidos dos animais, sobretudo no fígado, o que gera consequentemente intoxicação (COSTA, 2011). Com relação ao Cr, Sigarini (2016) explicou que a intoxicação de bovinos por este elemento tóxico pode causar importantes alterações clínicas, principalmente reprodutivas, inclusive o aborto, além de acumular-se no organismo destes animais e, consequentemente, atingir o homem pelo consumo de carne e leite contaminados, o que representa riscos à saúde pública.

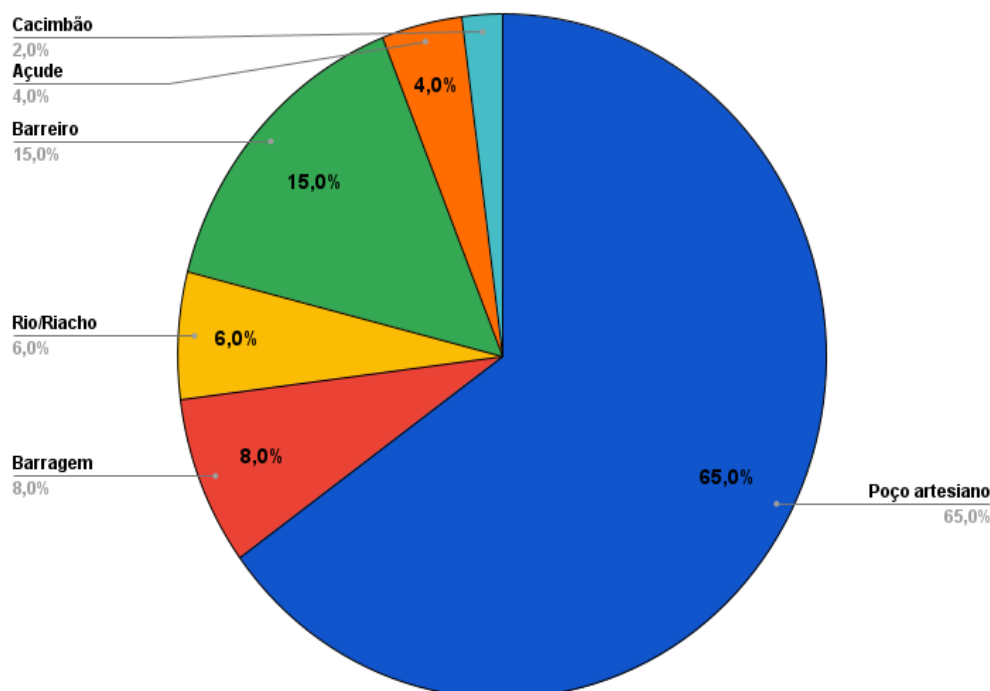
Diversos estudos (QUADROS e MARR, 2010; COSTA, BORGES e SOTO-BLANCO, 2020) já sinalizaram o Pb como um elemento de atividade teratogênica, sobretudo quando a gestação ocorre na presença de altas concentrações desse mineral, havendo risco de abortos, malformações fetais, atrasos do desenvolvimento e danos neurológicos, insuficiência placentária e nascimento prematuro e baixo peso ao nascer. Assim, a água ingerida pode contribuir para tais efeitos deletérios ao organismo dos animais.

Em relação ao Cd, elevados níveis desse metal podem levar a diminuição na taxa de maturação oocitária e fertilização em fêmeas ovinas (SILVA *et al.*, 2012). O Cd aumenta os riscos de abortamentos e de natimortos. Segundo Nelson e Couto (2015), o Cd provoca, principalmente, insuficiência renal aguda, bem como diversas outras patologias relacionadas a alterações hematológicas e bioquímicas em pequenos animais.

No contexto dos sistemas de produção animal, as fontes de água para dessedentação (poço escavado, poço artesiano, represa, riacho, açude, água da chuva ou empresa pública de abastecimento), o tipo de material dos bebedouros (plástico, metal, borracha, dentre outros), bem como a frequência de higienização

desses equipamentos exercem forte influência sobre a qualidade da água ingerida pelos animais. Assim, observou-se que a maioria (80%) dos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim utilizam água proveniente de poços artesianos e barreiros para fornecimento aos animais de produção, o que corresponde a 65% e 15%, respectivamente. Por outro lado, a água de dessedentação animal oriunda de cacimbões e açudes são as menos utilizadas (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Fontes de abastecimento da água de dessedentação animal utilizadas por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí



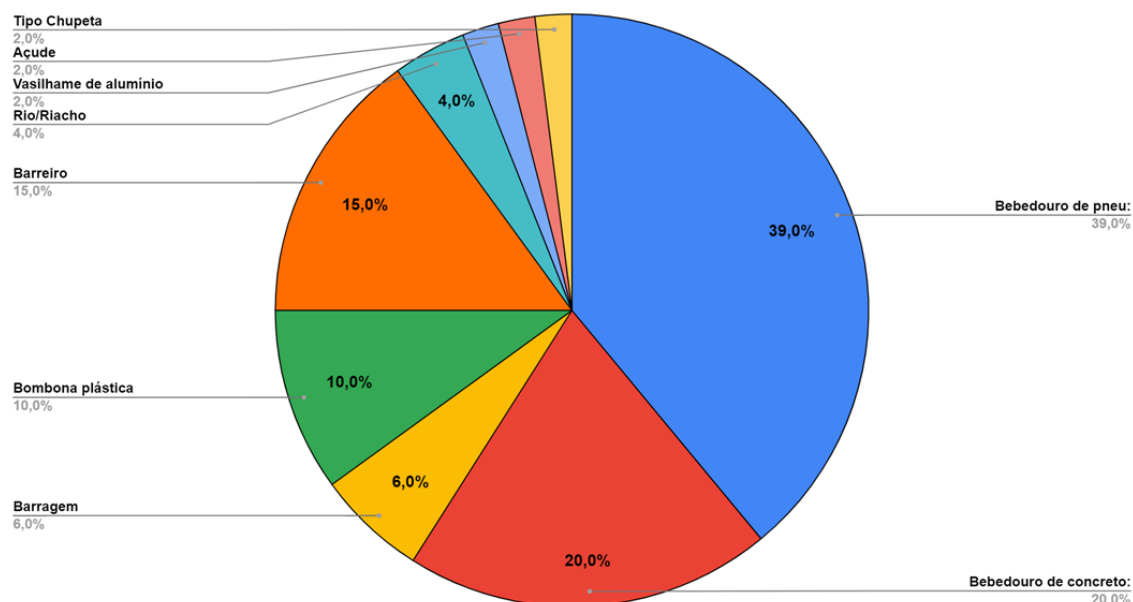
A predominância da utilização de poços artesianos como fonte de água para dessedentação animal pode estar associada à época de amostragem (outubro a novembro, que corresponde ao final do período seco), quando a maior parte dos reservatórios superficiais já se encontram vazios ou com pequena quantidade de água de má qualidade e as opções de fonte hídrica tornam-se mais limitadas, o que possivelmente tem relação com os elevados teores de minerais observados neste trabalho.

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenadas e com os produtos das atividades humanas adquiridas ao longo de seu trajeto, possuindo, no geral, teores mais elevados de sólidos dissolvidos do que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas (MAIA *et al.*, 2017).

Os tipos de material mais comumente utilizados pelos produtores rurais envolvidos no presente estudo para confecção de bebedouros foram: borracha (reaproveitamento de pneu de veículos) (39%) e cimento/alvenaria (20%). Cabe destacar que uma parcela significativa dos pecuaristas cria os animais ingerindo água diretamente da fonte disponível na propriedade ou em locais próximos, como

barreiro (15%) ou rio/riacho (4%) (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Tipos de material dos bebedouros utilizados na dessedentação animal por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.



O material usado na confecção dos bebedouros configura um fator que apresenta relação direta com a qualidade da água ofertada aos animais, uma vez que a decomposição constante do material do bebedouro pode liberar minerais e/ou outras substâncias com diferentes capacidades, alterando as características originais da água e, portanto, a sua qualidade. Dessa maneira, para melhor análise da influência na qualidade da água, por município, cabe observar os tipos de bebedouros utilizados, a seguir (Tabela 3).

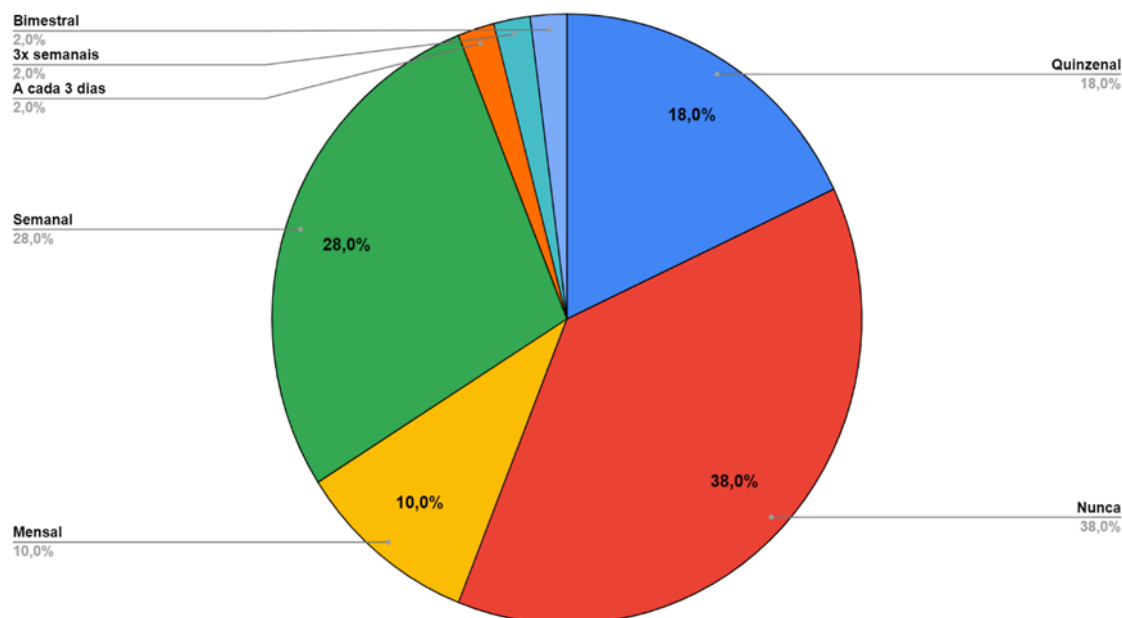
Tabela 3 – Tipos de bebedouro utilizados na dessedentação animal no Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido Piauiense, por município.

Tipos de bebedouro	Utilização por município (%)			
	1	2	3	4
Bebedouro de pneu	36,84	10,00	70,00	52,63
Bebedouro de concreto	0,00	40,00	20,00	31,58
Barragem	21,05	10,00	0,00	0,00
Barreiro	21,05	0,00	10,00	15,79
Bombona plástica	10,53	20,00	0,00	0,00
Rio/Riacho	0,00	10,00	0,00	0,00
Vasilhame de alumínio	10,53	10,00	0,00	0,00

1: Acauã; 2: Betânia do Piauí; 3: Jacobina do Piauí; 4: Paulistana

Quanto à frequência de higienização dos bebedouros, 38% dos responsáveis pelos estabelecimentos rurais sinalizaram nunca realizar a limpeza e desinfecção de tais equipamentos. Por sua vez, a adoção da higienização semanal ou quinzenal foi mencionada em 28% e 18% dos casos, respectivamente (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Frequência de limpeza dos bebedouros utilizados na dessedentação animal por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.



Dada a possibilidade de interferência da frequência de limpeza dos bebedouros na qualidade da água consumida pelos animais, as frequências de higienização dos bebedouros adotadas nas propriedades de cada município constam a seguir (Tabela 4).

Tabela 4 – Frequência (%) de limpeza de bebedouros utilizados na dessedentação animal no Território do Vale do Rio Itaim, no semiárido Piauiense, por município.

Frequência de limpeza	Município			
	1	2	3	4
3x semanais	0	0	10	0
a cada 3 dias	0	0	10	0
Semanal	30	20	50	30
Quinzenal	30	30	20	0
Mensal	0	20	0	10
Bimestral	0	10	0	0
Nunca	40	20	10	60

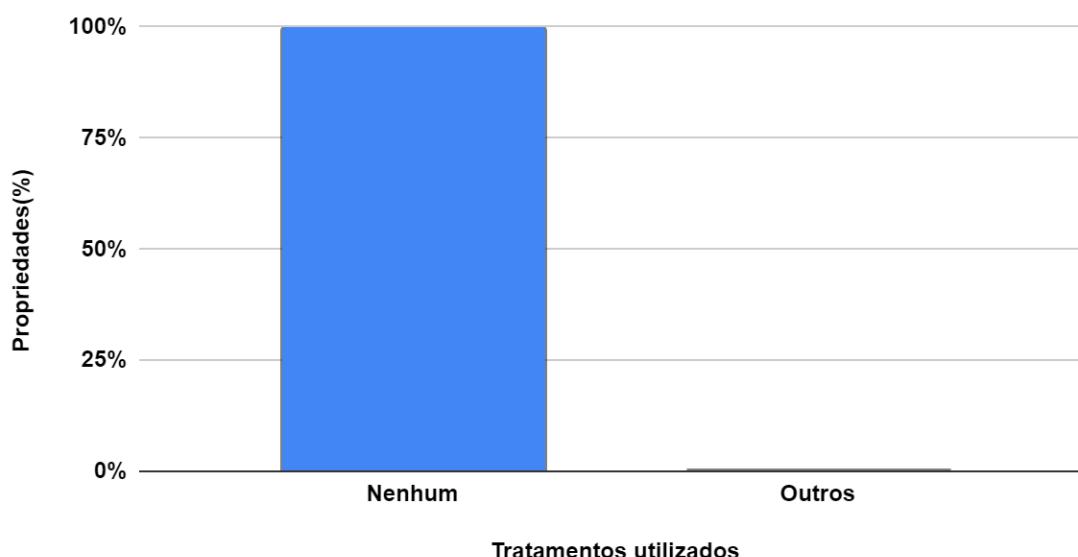
1: Acauã; 2: Betânia do Piauí; 3: Jacobina do Piauí; 4: Paulistana

O município 1 apresentou a segunda pior frequência de limpeza de bebedouros (nunca = 40%), de modo que as concentrações podem ter sido influenciadas por este fator. Com relação ao manejo de higienização, sabe-se que a limpeza frequente dos bebedouros permite o consumo de água de maior

qualidade pelos animais e que a baixa frequência de limpeza reduz a ingestão de água de bebida. Contudo, é compreensível que a demanda por mão-de-obra aumente proporcionalmente em razão do aumento da frequência de limpeza, podendo, às vezes, aparentar ser um manejo inviável ou dispensável, seja aos pequenos, médios ou grandes produtores.

Panzerá (2021) inferiu que manejos de limpeza de bebedouros a cada 5 dias permite economia de água, em relação a intervalos de 1 e 3 dias entre limpezas, mas observa maior demanda de tempo em cada limpeza com intervalo de 5 dias. Assim, o autor sugere que, para se obter equilíbrio entre economia de água e tempo de limpeza, sem comprometer o desempenho animal, seja adotado o intervalo de três dias entre as lavagens dos bebedouros. Apesar da relevância do fornecimento de água de qualidade aos animais de produção, 100% dos pecuaristas não realizam nenhum tipo de tratamento (físico, químico ou biológico) na água de dessedentação animal (Gráfico 4), o que pode predispor os animais a desordens sanitárias e afetar o desempenho zootécnico.

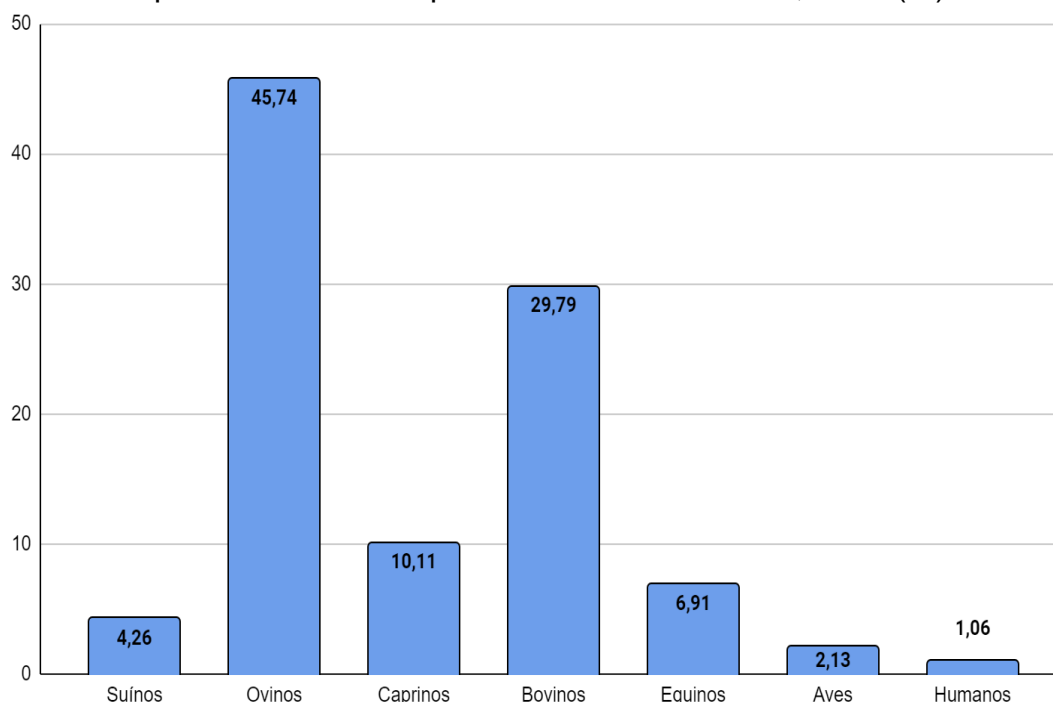
Gráfico 4 – Tratamento da água utilizada na dessedentação animal por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí.



Apesar de as águas analisadas serem provenientes de distintas localidades e de diferentes fontes, em nenhuma das propriedades rurais envolvidas no presente estudo dispõe dos serviços de redes públicas de abastecimento hídrico ou é realizado algum tipo de tratamento prévio da água antes do fornecimento aos animais, o que pode provocar problemas futuros e queda no desempenho dos animais, a depender da qualidade original do recurso hídrico. A não realização de tratamento prévio pode também estar relacionada aos parâmetros minerais mensurados. Contudo, por ter sido uma característica comum a todas as propriedades envolvidas, não foi considerada como um fator determinante das diferenças de concentrações minerais entre os municípios.

Quanto às espécies de animais que ingerem a água, os ruminantes se destacam, em função da vocação da região em explorar tais animais: ovinos (45,74%), bovinos (29,79%) e caprinos (10,11%) (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Espécies animais que ingerem a água utilizada por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí (%)



Embora todos os animais presentes em uma propriedade rural habitualmente consomem água da mesma fonte e/ou bebedouros, os efeitos das concentrações de minerais podem se apresentar diferentes em cada espécie. Para observação mais detalhada desses fatores, foram quantificadas as espécies que são dessedentadas nas propriedades envolvidas (%), por município (Tabela 5).

Tabela 5 – Espécies animais que ingerem a água utilizada por pequenos pecuaristas da Chapada do Vale do Rio Itaim, Piauí (%)

Tipos de fonte	Município			
	1	2	3	4
Aves	8,16	0,00	0,00	0,00
Bovinos	18,37	50,00	36,84	35,71
Caprinos	26,53	0,00	5,26	9,52
Equinos	6,12	0,00	5,26	9,52
Humanos	4,08	0,00	0,00	0,00
Ovinos	26,54	43,75	52,64	45,25
Suínos	10,20	6,25	0,00	0,00

1: Acauã; 2: Betânia do Piauí; 3: Jacobina do Piauí; 4: Paulistana

Os estabelecimentos do município de Acauã envolvidos nesse estudo apresentaram também maior diversidade de espécies animais, embora algumas naturalmente sejam menos resistentes às elevadas concentrações de minerais. Embora de maneira diferente dos ruminantes, os suínos têm certa sensibilidade à

microminerais. Estudos indicam que suínos criados em sistemas intensivos tendem a acumular mais metais tóxicos, como cádmio, devido à suplementação de cobre e zinco em rações. Além disso, a ingestão de solo em sistemas extensivos pode levar a uma maior acumulação de arsênio, mercúrio e chumbo (LÓPEZ-ALONSO *et al.*, 2012).

As aves, como frangos de corte e poedeiras, também são sensíveis aos níveis de microminerais na dieta. A biodisponibilidade relativa de minerais como cobre, ferro, manganês e zinco é crucial para a saúde e produtividade das aves. Diferenças entre formas orgânicas e inorgânicas desses minerais podem afetar significativamente a absorção e utilização pelos animais (BYRNE *et al.*, 2022). As características de cada espécie e da água fornecida aos animais pode ser determinante para seu bom desempenho e o sucesso dos sistemas pecuários.

Além disso, é de válida observação a utilização da água analisada para consumo humano, embora sejam de casos bastante específicos e não muito comuns na região. Assim, considerando que a água para consumo humano demanda menores níveis de minerais que para animais e que diversos metais pesados contaminantes podem levar a intoxicação se presentes na água usada para consumo humano ou irrigação (LOU *et al.*, 2017).

Em resumo, a relação dos níveis de minerais potencialmente tóxicos nas águas de dessedentação com a fonte da água, a limpeza dos bebedouros, o material de confecção dos bebedouros e os animais de produção que as consomem é complexa e multifacetada, sendo necessários estudos complementares para melhor esclarecer essas interações e desenvolver meios de garantir a qualidade da água de bebida em diferentes contextos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas analisadas apresentam concentrações elevadas de minerais potencialmente tóxicos, não se enquadrando nos padrões estabelecidos para dessedentação animal. Além disso, dentre os municípios do Território da Chapada do Vale do Rio Itaim avaliados, Acauã apresentou os maiores valores médios das concentrações de minerais com potencial tóxico.

É recomendável realizar um monitoramento constante da qualidade da água nas fontes de dessedentação animal, além de efetuar novos estudos para avaliar os efeitos dos minerais tóxicos na saúde animal nessas regiões e promover campanhas para informar os produtores sobre os riscos da água de baixa qualidade fornecida aos animais de produção.

Sugere-se ainda o tratamento prévio da água e a adoção de tecnologias de filtração, uma vez que o fornecimento constante de água de baixa qualidade pode favorecer o efeito cumulativo de minerais no organismo, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo, além de possivelmente ter relação com a mortalidade de animais na região.

REFERÊNCIAS

- AFZAL, Ali; MAHREEN, Naima. Emerging insights into the impacts of heavy metals exposure on health, reproductive and productive performance of livestock. **Frontiers in Pharmacology**, v. 15, p. 1375137, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2024.1375137/full>
- DE ALBUQUERQUE, Ítalo Reneu Rosas *et al.* Saline water intake effects performance, digestibility, nitrogen and water balance of feedlot lambs. **Animal Production Science**, v. 60, p. 1591-1597, 2020.
- DE ALMEIDA, Renzo Freire *et al.* Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1097–1103, jul. 2007.
- DE ALKMIM FILHO, Juarez Fabiano. **Ocorrência de arsênio, cádmio e chumbo em tecidos de aves, suínos, bovinos de corte e equinos no Brasil**. 2011. [Tese de doutorado] – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8PBGE5/1/tese_final.pdf.
- AMORIM, Sara Lucena. *et al.* Distrofia muscular nutricional em ovinos na Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 120–124, abr. 2005.
- BARBOSA, Isabela Marques Vara. **O cromo no meio ambiente e tratamentos de efluentes contaminados com metais pesados**. 2017. [Dissertação de mestrado] – Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36519/4/CromoMeioAmbiente.pdf>.
- BATISTA, Ângela Maria Vieira. Avaliação do feno de *Egeria densa* na alimentação de carneiros. **Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science**, v. 33, n. 5, p. 1309-1315, 2004.
- BELLEZI, Larissa. **Efeitos tóxicos do ferro sobre a capacidade ionorregulatória de robalos-peva (centropomus parallelus) em diferentes salinidades**. 2020. [Dissertação de mestrado] – Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/9738a3d3-7f3d-4a38-b090-ff9471509908/content>.
- BIRNIN-YAURI, U. A.; MUSA, M. K.; ALHAJI, S. M. Determination of selected heavy metals in the organs of some animals reared in the gold-mining areas of Zamfara State, Nigeria. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 7, n. 4, p. 188-202, 2018.
- BRITTES, Bruna Regina. **Mobilidade dos metais Fe, Mn, Cr e Ni nas águas subterrâneas e sedimentos do arroio João Correa, proveniente de área de disposição irregular de resíduos sólidos**. São Leopoldo, 2017. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -- Programa de Pós-graduação em

Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo 2017.

BUENO, Éricka Stéphanny Brandão *et al.* O manganês e suas interações antagônicas e sinérgicas entre os elementos minerais sobre a reprodução e o metabolismo de touros. **Veterinária e Zootecnia**, BVS, v. 26, n. 1, supl. 1, p. 1-10, 2019. Disponível em:
[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/veterinaria-e-zootecnia/26-\(2019\)-1,supl.1/o-manganes-e-suas-interacoes-antagonicas-e-sinergicas-entre-os-element/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/veterinaria-e-zootecnia/26-(2019)-1,supl.1/o-manganes-e-suas-interacoes-antagonicas-e-sinergicas-entre-os-element/).

BULEGON, Jovana Simonetti *et al.* **Intoxicação por cromo e seus efeitos no organismo**. 2019. [Resumo expandido] – Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), Cruz Alta, 2019. Disponível em:
<https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2019/XXIV%20SEMINARIO%20INTERINSTITUCIONAL/Mostra%20de%20Iniciacao%20Cientifica/Ciencias%20Biologicas%20e%20da%20saude/RESUMO%20EXPANDIDO/INTOXICA%C3%87%C3%83O%20POR%20CROMO%20E%20SEUS%20EFEITOS%20NO%20ORGANISMO%20-%208538.pdf>.

BULIA, Isabella Longhi; ENZWEILER, Jacinta. Elementos terras raras e urânio em águas subterrâneas sob influência de aquíferos distintos em Campinas (SP). **Águas Subterrâneas**, v. 29, n. 2, p. 224-243, 2015.

BURY, Nicolas R. *et al.* Homeostasis and Toxicology of Essential Metals. **Elsevier**, 2012. v. 31.

CANG, Long *et al.* Heavy metals pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 16, n. 3, p. 371-374, 2004.

CARLSON, Kenneth H.; KNOCKE, William R.; GERTIG, Kevin R. Optimizing treatment through Fe and Mn fractionation. **Journal AWWA**, 1997. v. 89, n. 4, p. 162-171.

CASTRO, Daniela P. V. *et al.* Influence of drinking water salinity on carcass characteristics and meat quality of Santa Inês lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 1095-1100, 2017.

CETESB. **Cádmio e seus compostos**, 2022. Disponível em:
<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Cadmio.pdf>.

CETESB. **Manganês**, 2022. Disponível em:
<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2021/05/Mangane%CC%82s.pdf>.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções CONAMA**, 357, Brasília, 2005.

COSTA, Aristóteles Gomes; BORGES, Álan Maia; SOTO-BLANCO, Benito. Metais

tóxicos e seus efeitos sobre a reprodução dos animais. Revisão de Literatura.

Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA, v. 14, n. 1, p. 108-124, 2020.

COSTA, Karolyne Mesquita. Ocorrência de cádmio em amostra de rim suíno em um frigorífico de Minas Gerais: relato de caso. **Medicina Veterinária**, v. 17, n. 3, p. 197, 2022.

COSTA, Roberto Germano *et al.* Effect of increased salt water intake on the production and composition of dairy goat milk. **Animals**, v. 11, p. 2642, 2021.

COSTA, Thays Nascimento. **Intoxicação por cobre: aspectos clínicos e laboratoriais**. 2011. [Dissertação de mestrado] – Universidade Federal de Goiás (UFG). Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Thays_Nascimento_2.pdf.

DA COSTA, Margarida Regueira *et al.* Qualidade da água em fontes superficiais e subterrâneas no semi-árido brasileiro.

DOMENICO, Patrick A.; SCHWARTZ, Franklin W. **Physical and chemical hydrogeology**. John wiley & sons, 1997.

FERREIRA, Marcos Barbosa; ANTONELLI, Alexandre Coutinho; ORTOLANI, Enrico Lippi. Intoxicação por cobre, selênio, zinco e cloreto de sódio. In: SPINOSA, H. S; GÓRNIK, S. L.; NET, J. P. **Toxicologia aplicada à medicina veterinária**. 1. ed. Barueri: Editora Manole, 2008.

FONTES, Andrea Sousa *et al.* Avaliação dos fatores intervenientes no processo de salinização em reservatórios superficiais do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, p. 708-721, 2015.

FUNASA. Fundação Nacional da Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: FUNASA, 2004.

GUAGNINI, Fábio de Souza. Intoxicação por chumbo em bovinos mantidos em área de treinamento militar. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 46, supl. 1, p. 253, 2017

GUZATTI, Isabella Ramos. *et al.* **Teores de metais pesados na ração e suplementos minerais de bovinos, equinos, ovinos, suínos e aves**. 31º SIC UDESC (2021). Disponível em:
[https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/14614/137_TEORES_DE METALIS_PESADOS_NA_RAO_E_SUPLEMENTOS_163423544923_14614.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/14614/137_TEORES_DE_METALIS_PESADOS_NA_RAO_E_SUPLEMENTOS_163423544923_14614.pdf).

LOU, Sha *et al.* Heavy metal distribution and groundwater quality assessment for coastal area on a Chinese Island. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, n. 2, p. 733-745, 2017.

DE LUCCA, Renata Panichi da Veiga. Ingestão de corpo estranho de chumbo por cão da raça Daschund - RELATO DE CASO. **Arquivos de Ciências Veterinárias e**

Zoológicas da UNIPAR, Umuarama, v. 20, n. 2, p. 79-82, abr./jun. 2017.

MAIA, Paulo José Sousa *et al.* Estudo da Variação da Salinidade de Águas Subterrâneas do Poço Amazonas (Canindé–Ceará) em função da pluviosidade. **Scientia Amazonia**, v. 6, n. 3, p. 83-91, 2017.

MELO, Daniele F. *et al.* Composição físico-química de água de diferentes fontes utilizadas para consumo animal no semiárido brasileiro. **Revista Espacios**, v. 38, n. 38, 2017.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; SEMI-ÁRIDO, Embrapa. **Introdução a fertilidade do solo**, 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/159197>.

MIRANDA FILHO, Adalberto Luiz *et al.* Cromo hexavalente em peixes oriundos da Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro, Brasil: uma avaliação de risco à saúde humana. **Revista Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 3, 2011.

MORAES, Sheila da Silva. **Principais deficiências minerais em bovinos de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2001.

MOREIRA, Leonardo Marmo *et al.* Manganês (Mn): Propriedades redox, química de coordenação e implicações biológicas. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 2, e13713245186, 2024.

MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antonio Penalva. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial – uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, abr. 2012.

MWALIKENGA, Maria Kapepa; VITAL, Fernando Antônio Chaves. Perfil de contaminação das águas e peixes por metais pesados e suas consequências para a saúde humana. **Revista Brasileira de Ciências Biomédicas**. v. 1, n. 1, p. 16-23, abr. 2020.

OLIVEIRA, Stener Camargo *et al.* Avaliação toxicológica dos efeitos do cobre na espécie *Carassius auratus*. **Revista de Gestão Sustentável do Ambiente**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 260-275, abr./jun. 2018.

OZMEN, Ozlem *et al.* Pathological and toxicological investigations of chronic nitrate poisoning in cattle. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v. 87, n. 1, p. 99-106, 2005.

PALHARES, Julio Cesar P. **Qualidade da água na produção animal**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014. 6 p. (EMBRAPA/CPATSA. Comunicado Técnico, 103).

PANZERA, Anderson Alex. **Frequência de limpeza de bebedouros sobre o consumo de água e de matéria seca de animais Nelore em confinamento**

comercial. 2021. [Dissertação de mestrado] – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEDRO, Felipe de Oliveira *et al.* Qualidade da água de dessedentação para bovinos de corte na fase de recria. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 80779-80797, 2021.

PEREIRA, Edilaine Regina; PATERNIANI, José Euclides Stipp; DEMARCHI, João José Assumpção de Abreu. A importância da qualidade da água de dessedentação animal. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 3, n. 3, p. 227-235, 2009.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; DE SOUZA, E. L. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. **Águas Subterrâneas**, v. 16, n. 1, p. 55-65, 2002.

PROSKURA, Natalia *et al.* Concentrations of macroelements and trace elements in milk of Jersey cows. **Indian Journal of Animal Research**, v. 51, n. 1, p. 89-92, 2016.

QUADROS, Marina E.; MARR, Linsey C. Environmental and human health risks of aerosolized silver nanoparticles. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 60, n. 7, p. 770-781, 2010.

RIBEIRO, Gabrielle França. **Ocorrência de bactérias resistentes a antibióticos em água empregada na dessedentação de animais em Curitiba – SC**. 2021. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 49 f.

RICHTER, Carlos A.; DE AZEVEDO NETTO, José Martiniano. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

ROSA, D.S. *et al.* Qualidade da água de consumo animal em propriedades rurais da região de Pelotas-RS. In: XXII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas. **Anais...** Editora da UFPel, Pelotas, RS, 2013.

ROSA, Patrícia R. *et al.* Ingestive behavior and physiological parameters of Sindhi heifers receiving saline water. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 381-394, 2019.

SAMPAIO, Fernanda Garcia; BOIJINK, Cheila de Lima; RANTIN, Francisco Tadeu. **O Uso do Sulfato de Cobre em Ecossistemas Aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce**. Jaguariúna, SP: Embrapa, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/963179/1/Doc91.pdf>.

SARDINHA, Dayana Caldas Cardoso. **Estimativa do risco quanto a ingestão de As, Cd e Pb VIA consumo de carne por uma população adulta no norte do estado do Rio de Janeiro**, Brasil. 2015. [Dissertação de mestrado] – Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Disponível em:

<https://uenf.br/posgraduacao/ecologia-recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2016/06/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Dayana-Caldas-Cardoso-Sardinha.pdf>.

SAS. **SAS User's guide** (Version 9.2). Cary: SAS Institute, 2009.

SENADO FEDERAL. **Contaminação por chumbo pode causar doenças severas e levar à morte**, 2008. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2008/03/04/contaminacao-por-chumbo-pode-causar-doencas-severas-e-levar-a-morte#:~:text=Como%20o%20chumbo%20n%C3%A3o%20%C3%A9,e%20da%20capacidade%20de%20concentra%C3%A7%C3%A3o>.

SHEN, Xiaoyun *et al.* Effect of heavy metal contamination in the environment on antioxidant function in Wumeng semi-fine wool sheep in Southwest China.

Biological Trace Element Research, v. 198, n. 2, p. 505-514, 2020.

SIDERSKY, Pablo Renato *et al.* **Sobre a cadeia produtiva da caprinovinocultura no sertão do Piauí: um estudo centrado no Território da Chapada do Vale do Itaim (região de Paulistana)**. FIDA. Building Capacities for Results-based Management and Scaling up for Innovations in Public Policies to Combat Rural Poverty in North-east Brazil, 2018.

SIGARINI, Keyla dos Santos. **Determinação da concentração de Pb, Cd e Cr em rações e suplementos minerais para bovinos produzidos no estado de mato grosso, brasil**. IFMT, 2016. Disponível em:

<https://ppgcta.ifmt.edu.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/07/Sigarini-K.S.-Determina%C3%A7%C3%A3o-da-Concentra%C3%A7%C3%A3o-de-Pb-Cd-e-Cr-em-Ra%C3%A7%C3%B5es-e-Suplementos-Minerais-para-Bovinos-Produzidos-no-Estado-de-Mato-Grosso-Brasil..pdf>.

SILVA, Pedro Henrique Faleiro. **Impactos da qualidade da água na produção dos animais domésticos**. 2021. 80 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Pará, Belém.

SOUZA, Maria Verônica de *et al.* Metais pesados em amostras biológicas de bovinos. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1774-1781, 2009.

STEIL, G. J. **Teratogênese e estresse oxidativo em embriões de Gallus gallus expostos ao cádmio**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/32185>.

SUNGUR, Ali *et al.* Heavy metal mobility and potential availability in animal manure: using a sequential extraction procedure. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 18, p. 563-572, 2016.

TOMZA-MARCINIAK, Agnieszka *et al.* Heavy metals and other elements in serum of cattle from organic and conventional farms. **Biological trace element research**, v. 143, p. 863-870, 2011.

VIANA, Cipriani Maciel *et al.* Avaliação da qualidade da água através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e do índice de violação: estudo de caso do rio Arroio Grande e da Praia do Pontal – RS. **Revista Ambientale**. v. 15, n. 1, p. 30-39, 2023.

WU, Yaketon *et al.* Concentrations and health risk assessment of trace elements in animal-derived food in southern China. **Chemosphere**, v. 144, p. 564-570, 2016.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.