

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**DINÂMICA DAS PERDAS DE SÓDIO EM SUPLEMENTOS
MINERAIS PARA BOVINOS NELORE EM CRESCIMENTO**

Wallyson Amaral de Almeida

Campo Grande, MS

2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**DINÂMICA DAS PERDAS DE SÓDIO EM SUPLEMENTOS
MINERAIS PARA BOVINOS NELORE EM CRESCIMENTO**

Dynamics of sodium losses in mineral supplements for growing
Nelore cattle

Wallyson Amaral de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo da Costa Gomes

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito
à obtenção de título de Mestre em Ciência
Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Campo Grande, MS

2024

Dedicatória

Dedico este trabalho em especial ao meu avô Antônio Luis do Amaral (*in memoriam*) e toda a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me conceder saúde e sabedoria para conquistar meus objetivos.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - PPGCA, pela oportunidade e por todo suporte durante o mestrado.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Ao meu amigo Dr. Rodrigo da Costa Gomes pela orientação, coorientação, conhecimentos compartilhados e oportunidades proporcionada.

À professor Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo pela orientação, ensinamento e parceria durante a realização do estudo.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte - CNPGC, Embrapa Gado de Corte, por ter disponibilizado instalações e recursos para a realização do trabalho.

A todos funcionários da Embrapa Gado de Corte e pelas inúmeras contribuições na realização do experimento, em especial ao Sr. Josias, Sr. Henrique e todo o quadro de funcionários da SPA que foram parceiros nas atividades diárias.

À Connan Nutrição Animal pela parceria e efetiva participação no desenvolvimento deste estudo.

Aos meus pais Gisleia e Gilson, por sempre me incentivarem na busca do meu objetivo, aprendizado e sempre acreditarem no meu potencial

A minha namorada Emily, pelo companheirismo e paciência nos momentos de aflição

Aos amigos e companheiros dos grupos de pesquisa Nickson Correa e Christian Borges por toda ajuda e apoio.

Resumo

ALMEIDA, W. A. Dinâmica das perdas de sódio em suplementos minerais para bovinos nelores em crescimento. 2024. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Avenida Senador Felinto Muller, 2443, Pioneiros, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, 2024.

A mistura mineral está sujeita a lixiviação e perdas quando exposta ao ambiente, na composição do suplemento mineral, o sódio é o elemento que possui a capacidade de estimular e limitar o consumo da mistura mineral. Além disso, está entre os elementos mais susceptível a perdas pelas chuvas, em função da sua capacidade de solubilização elevada. Com isso se mostra a necessidade de entender a dinâmica do sódio no suplemento mineral exposto ao ambiente. Foram realizados 7 experimentos com a finalidade de analisar a dinâmica das perdas de sódio em suplementos minerais exposto ao ambiente. O primeiro experimento teve o objetivo de quantificar o sódio que se perde para o ambiente, através da mensuração do elemento na parte lixiviada do cocho. Os experimentos 3 e 4 foram realizados com diferentes níveis de sódio na mistura mineral (35, 70, 105 e 140 g de sódio por kg de suplemento mineral) com o intuito de identificar se afetaria o consumo de suplemento através da concentração fornecida. Nos demais experimentos (2, 5, 6 e 7) foram utilizados os dados de precipitação e análises do teor de sódio na composição das sobras do suplemento para criação de uma equação entre as perdas de sódio do suplemento mineral em relação a precipitação (milímetros ou dias de chuvas). Foi estimada a exigência de sódio dos animais através do sistema de alimentação do NRC e o BR-CORTE. Adotou-se o uso da metodologia do cocho de exclusão para ajustar os valores de sódio no suplemento mineral exposto ao ambiente através da correção das perdas quantificadas. Com isso, foi criado um nível mínimo de teor de sódio, chamado de nível crítico de sódio em g por kg de suplemento mineral, através da estimativa das exigências dos animais. Foi identificado que a relação entre precipitação e dias de chuva em função das perdas de sódio na mistura mineral é considerada fraca ($R^2 = 0,1393$ e $0,2203$ respectivamente). O sódio foi o segundo elemento que mais sofreu lixiviação da mistura mineral exposta ao ambiente, 28% da massa lixiviada é composta por cloreto de sódio. Com isso, após quantificar a porção de sódio perdido para o ambiente, obtido através dos dados dos demais experimentos, foi criado um coeficiente de correção das perdas de suplemento mineral quando exposto ao ambiente. Essas perdas foram estimadas em 25,5% de acordo com a metodologia do cocho de exclusão. O valor de nível crítico ajustado

para as perdas no ambiente foi estimado em 87,3 g de sódio por kg de suplemento mineral, sendo o limite mínimo para atender as exigências dos animais suplementados a pasto. Assim, no experimento 3 e 4 observou-se que nos tratamentos 35 e 70 g de sódio por kg de suplemento mineral não atenderam as exigências dos animais, porém não se teve diferença estatística para desempenho, porém houve diferença para consumo de sódio, onde se teve o maior consumo no tratamento com menor nível de sódio por kg de suplemento mineral. Teve-se um total de 373 observações analisadas e 27,5 % das observações se encontraram com valor de sódio obtido nas sobras da mistura mineral abaixo do nível crítico. O teor de sódio interfere no consumo de suplemento mineral e a exposição da massa suplementar ao ambiente está sujeita a perdas por lixiviação levando a um desequilíbrio da concentração dos elementos, podendo não atender as exigências dos animais e provocando a ingestão de minerais em proporções desbalanceadas.

Palavras-chave: mineralização, Na, ruminantes, suplementação em pastejo

Abstract

ALMEIDA, W. A. Dynamics of sodium losses in mineral supplements for growing Nellore cattle. 2024. Dissertation (Master Degree) – College of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Avenida Senador Felinto Muller, 2443, Pioneers, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil. 2024.

The mineral mixture is subject to leaching and losses when exposed to the environment. In the composition of the mineral supplement, sodium is the element that has the ability to stimulate and limit the consumption of the mineral mixture. Furthermore, it is among the elements most susceptible to losses due to rain, due to its high solubilization capacity. This demonstrates the need to understand the dynamics of sodium in mineral supplements exposed to the environment. 7 experiments were carried out with the purpose of analyzing the dynamics of sodium losses in mineral supplements exposed to the environment. The first experiment aimed to quantify the sodium that is lost to the environment, by measuring the element in the leached part of the trough. Experiments 3 and 4 were carried out with different levels of sodium in the mineral mixture (35, 70, 105 and 140 g of sodium per kg of mineral supplement) with the aim of identifying whether it would affect supplement consumption through the concentration provided. In the other experiments (2, 5, 6 and 7), precipitation data and analysis of the sodium content in the composition of the supplement leftovers were used to create an equation between the sodium losses of the mineral supplement in relation to

precipitation (millimeters or rainy days). The sodium requirement of animals was estimated through the NRC feeding system and BR-CORTE. The exclusion trough methodology was adopted to adjust the sodium values in the mineral supplement exposed to the environment by correcting the quantified losses. As a result, a minimum level of sodium content was created, called the critical level of sodium in g per kg of mineral supplement, by estimating the animals' requirements. It was identified that the relationship between precipitation and rainy days due to sodium losses in the mineral mixture is considered weak ($R^2 = 0.1393$ and 0.2203 respectively). Sodium was the second element that suffered the most leaching from the mineral mixture exposed to the environment, 28% of the leached mass is made up of sodium chloride. Therefore, after quantifying the portion of sodium lost to the environment, obtained through data from other experiments, a correction coefficient for the loss of mineral supplement when exposed to the environment was created. These losses were estimated at 25.5% according to the exclusion trough methodology. The critical level value adjusted for losses in the environment was estimated at 87.3 g of sodium per kg of mineral supplement, being the minimum limit to meet the requirements of animals supplemented on pasture. Thus, in experiments 3 and 4 it was observed that in treatments 35 and 70 g of sodium per kg of mineral supplement did not meet the animals' requirements, but there was no statistical difference for performance, but there was a difference for sodium consumption, where had the highest consumption in the treatment with the lowest sodium level per kg of mineral supplement. A total of 373 observations were analyzed and 27.5% of the observations had a sodium value obtained in the remains of the mineral mixture below the critical level. The sodium content interferes with the consumption of mineral supplements and the exposure of the supplementary mass to the environment is subject to losses through leaching, leading to an imbalance in the concentration of the elements, which may not meet the animals' requirements and causing the ingestion of minerals in unbalanced proportions.

Keywords: mineralization, Na, ruminants, grazing supplementation

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização geral dos experimentos realizados	34
Tabela 2 - Etapas, procedimentos, origem dos dados utilizados (experimentos) e hipóteses testadas.....	36
Tabela 3 - Estimativas de perdas de elementos e fontes de minerais por lixiviação pela chuva	44
Tabela 4 – Desempenho animal e desaparecimento de suplemento e de sódio de suplementos minerais, em função de diferentes níveis de sódio no suplemento (Experimentos 3 e 4).	47
Tabela 5 - Estatística descritiva de dados utilizados para cálculo dos coeficientes de ajuste para perdas de suplemento (CAPSupl) e para redução no teor de Na por solubilização (CAPNa).	50
Tabela 6 – Nível crítico de sódio (g/kg) e % de observações abaixo do nível crítico de acordo com os métodos de exigências e métodos de ajuste.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da disposição do cocho de consumo e do cocho de exclusão.	42
Figura 2 - Relação entre precipitação e teor de sódio nas sobras de suplementos minerais Na (g/kg) = 105,15 (6,2147) - 0,2015 (0,07893) x Precipitação (mm) +0,000764 (0,000338) x Precipitação ² (mm) (R ² = 0,1393, P<0,05).	45
Figura 3 - Relação entre dias de chuva e teor de sódio nas sobras de suplementos minerais (Na (g/kg) = 121,22 (6,8260) -11,5980 (3,2501) DC (dias) + 0,9252 (0,5660) DC ² (dias) (R ² = 0,2250, P<0,0001).	46
Figura 4 - Diferença de médias entre dias de chuva e teor de sódio nas sobras de suplementos minerais.....	47
Figura 5 - Consumo e exigência em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral. Cada média de exigência foi comparada com o respectivo consumo de Na. ns = não significativo em comparação ao consumo; * = p<0,001 e ** p<0,0001.	49
Figura 6 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral.	51
Figura 7 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral com a utilização do coeficiente CAPSupl (ajuste para perdas de suplemento por lixiviação).	51
Figura 8 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral com a utilização do coeficiente CAPNa (ajustes para redução no teor de Na por solubilização).....	52
Figura 9 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral com a utilização do coeficiente CAPSupl e CAPNa.	52

Lista de abreviaturas e siglas

°C	Grau celsius
Ca	Cálcio
cm ²	Centímetros quadrados
Co	Cobalto
Cu	Cobre
cv	Cultivar
g	Gramas
g/animal/dia	Gramas animal dia
g/cm ³	Gramas por centímetro quadrado
g/dia	Gramas por dia
g/mol	Gramas mol
ha	Hectare
kg	Quilogramas
L/m ²	Litros por metro quadrado
M	Metros
Mg	Magnésio
mg/kg	Miligramas por quilo
ml	Mililitros
mm	Milímetros
Mn	Manganês
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
P	Fósforo
S	Enxofre
Se	Selênio
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1. REVISÃO DE LITERATURA	14
1.1. Suplementação mineral de bovinos	14
1.2. Estratégia para suplementação mineral a pasto	15
1.3. Estudos de suplementação mineral de bovinos a pasto no Brasil	16
1.4. A função do sódio na suplementação mineral de bovinos a pasto	19
1.5. Precipitação pluviométrica nas condições brasileiras	21
2. REFERÊNCIAS	23
3. ARTIGO: Dinâmica das perdas de sódio em suplementos minerais expostos à chuva: consumo e atendimento de exigências de novilhos Nelore na fase de crescimento	26
4. INTRODUÇÃO	32
5. MATERIAL E METODOS	33
5.1. Área experimental e procedimentos experimentais gerais	35
5.2. Etapas e procedimentos analíticos	36
5.2.1. Estimativa da participação do NaCl (%) na massa lixiviada pelas chuvas	37
5.2.2. Determinação do efeito da precipitação (mm/período) sobre o teor de sódio (g/kg) nas sobras de suplementos minerais	39
5.2.3. Determinação do efeito do nível de sódio de suplementos minerais (g/kg) sobre seu desaparecimento (g/dia)	39
5.2.4. Estimativa do atendimento de exigências de Na, em função do consumo estimado de forragem e do desaparecimento de suplemento	40
5.2.5. Estimativa das perdas de suplemento por lixiviação pelo método do cocho de exclusão ...	41
5.2.6. Ajuste do consumo estimado de Na para a redução do seu teor no suplemento e para as perdas de suplemento por lixiviação medidas pelo cocho de exclusão	42
6. RESULTADOS	43
6.1. Participação do NaCl na massa lixiviada pelas chuvas	44
6.2. Efeito da precipitação pluviométrica sobre o teor de sódio em suplementos minerais	44
6.3. Efeito do nível de sódio de suplementos minerais (g/kg) sobre seu desaparecimento (g/dia)	47
6.4. Atendimento de exigências de Na, em função do consumo estimado de forragem e do desaparecimento de suplemento	48
6.5. Perdas de suplemento por lixiviação pelo método do cocho de exclusão	49
6.6. Consumo estimado de Na e níveis críticos para atendimento de exigências	50
7. DISCUSSÃO	53
8. CONCLUSÃO	58
9. REFERÊNCIAS	59

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Suplementação mineral de bovinos

Na pecuária, por volta de 1847, foram escritos os primeiros relatos que o gado continha necessidade dietética de cloreto de sódio (sal) e a partir daí se iniciou experimentos comprovando que os animais necessitam de minerais na sua alimentação (Suttle, 2010). O reconhecimento da necessidade do consumo de sal pelos animais foi reconhecido e registrado pelos primeiros colonos, o fornecimento de sal para esses animais era sinônimo de uma boa criação. Suttle (2010) citou que todos os tecidos animais e vegetais possuem proporções variáveis de minerais na sua composição.

Os minerais desempenham três tipos de funções essenciais para o organismo dos animais. A primeira delas é a participação como componentes estruturais dos tecidos corporais. Também atuam nos tecidos e fluidos corporais como eletrólitos para manutenção do equilíbrio ácido-básico, da pressão osmótica e da permeabilidade das membranas celulares. E por último, funcionam como ativadores de processos enzimáticos ou como integrantes da estrutura de metalo-enzimas ou vitaminas (Tokarnia et al., 2000; Suttle, 2010).

Os minerais são componentes essenciais nas dietas de todos os animais e possui enorme influência na produção e produtividade do gado de corte. De acordo com Sousa (1981) cerca de 5% do peso total do animal é constituído por minerais. As exigências nutricionais dos animais devem ser supridas pela ingestão de nutrientes contidos na água, na forragem e nos suplementos. A sua necessidade vai variar em qual categoria o animal se encaixa, por exemplo, exigência de manutenção, ganho, gestação ou lactação (Nicodemo, 2008).

Os minerais por si só não são responsáveis pelo ganho de peso e desempenho na produção, porém são coadjuvantes e sem os quais a produção não seria possível. Como exposto por Marino e Medeiros (2015) os minerais são fundamentais para o funcionamento do corpo e estão ligados a quase todos os processos bioquímicos do corpo, garantindo um bom funcionamento e desempenho animal. Dentre todos os minerais essenciais para o organismo existe um grupo que necessita ser ingerido frequentemente.

O sódio é o elemento mais deficiente na dieta entre todos os minerais (Sousa, 1981). É necessário o acesso diário dos animais à mistura mineral pois existem pequenas ou nenhuma reserva de certos minerais no organismo do animal, como por exemplo o sódio. Este elemento é o principal cátion no fluido extracelular, a absorção

de aminoácidos e glicose são dependentes de sódio (Huber et al., 2006). Outra justificativa para o acesso diário dos animais a mistura mineral seria a participação de Fósforo, Enxofre e o cobalto na nutrição dos microrganismos do rúmen. Dantas (2010) citou que ao se discutir a nutrição mineral, deve-se ter o conhecimento que nenhum mineral atua isoladamente e seu mecanismo de ação depende da presença quantitativa de outros minerais.

O sal comum (NaCl), por ser palatável e bem aceito, é um importante veículo para ingestão de outros minerais, sendo então incorporado na proporção de 30% a 50% da mistura total. Bovinos necessitam de aproximadamente 30 g/dia de cloreto de sódio por animal adulto, o cloreto de sódio tem papel de veículo de ingestão e limitador de consumo, assim sabendo o consumo esperado por dia se faz a mistura de outros minerais para atender as exigências do animal, após o animal consumir sua exigência de sódio diária ele cessa o consumo (Silveira, 2017).

1.2. Estratégia para suplementação mineral a pasto

A época do ano na suplementação mineral se torna um importante aspecto. Na produção a pasto, durante a época chuvosa quando se tem proteína e energia em quantidade suficientes, o animal tem condições de crescer, ganhar peso e desenvolver qualquer função reprodutiva. Por isso, os animais necessitam de maiores quantidades de minerais. Durante a época seca, com a queda da qualidade da forragem, os animais ingerem quantidades menores de minerais, além das reduzidas quantidades de energia e proteína, pois ficam comprometidas em relação a qualidade da pastagem nesta época do ano (Sousa, 1981).

A pecuária de corte no Brasil é fortemente sustentada pelas forrageiras tropicais. Em relação aos minerais as forragens tropicais apresentam baixos teores em sua composição, não suprimindo as exigências dos animais (Moraes, 2006). A composição química da forrageira é muito variável e depende do tipo de solo, espécie forrageira, condições climáticas, velocidade de crescimento e estado de maturidade. Nicodemo (2008) citou que existem minerais como fósforo, cálcio, magnésio e sódio onde os valores necessários para atender as exigências dos bovinos são maiores que os valores limites das plantas.

O sódio está entre os elementos com maior deficiência nas pastagens em todo o mundo (McDowell, 1992, 1996), sendo necessária a suplementação. Malafaia et al. (2014) citaram que a concentração de sódio em solos próximos a orlas marítimas é

maior, podendo suprir as exigências dos animais. A nutrição de animais a pasto é realizada sobre a interação do solo, planta e animais (Khan, 2007). Existem técnicas que podem influenciar a concentração de minerais na forragem, alterando o fenecimento de minerais para o animal via consumo de forragem (Nicodemo, 2008).

Segundo Tokarnia et al. (2000), a adubação do solo com os elementos deficientes seria a melhor opção para suplementar o animal, pois além de resolver o problema da deficiência mineral no animal traria benefícios à produção de massa verde, porém é um método caro. Prezotti (2013) citou que quando encontrado teores de sódio em altas concentrações no solo o efeito do Na pode causar diminuição na produtividade das culturas por dificultar a absorção de água e nutrientes pelas plantas ou pelo seu efeito dispersante sobre as argilas, causando a desestruturação do solo, reduzindo as trocas gasosas, dificultando a penetração das raízes e diminuindo a infiltração de água.

Existem diversas maneiras de realizar a suplementação mineral para os animais, podendo ser feita através da água, mistura minerais, injeções, blocos e doses orais (Silveira, 2017). A mais comum é através do fornecimento de misturas minerais em pó fornecidas em cochos. A forma física do suplemento mineral pode variar sendo encontrada em suplementos em pó, granulados, farelados e blocos. O consumo de sal em forma de bloco pode ser menor em até 10% quando comparadas com misturas minerais soltas (ASBRAM, 2007).

A ingestão de suplemento mineral pode reduzir quando encontradas altas concentrações de sal na água. A necessidade e o apetite que os bovinos possuem por sal quando saciadas através da ingestão de águas salobra (águas com alta concentração de sal) reflete na diminuição do consumo de suplemento mineral, causando deficiência em outros minerais importantes. Nesse caso as misturas deverão ser formuladas com outros veículos de ingestão, fazendo com que os animais consumam a mistura mineral em proporções que garantirão a exigência estabelecida (ASBRAM, 2007).

1.3. Estudos de suplementação mineral de bovinos a pasto no Brasil

Trabalhos científicos sobre nutrição mineral são escassos, em comparação com outras áreas da nutrição animal. Weiss (2017) citou que há uma grande dificuldade na realização de trabalhos com minerais. Segundo o autor, algumas das dificuldades estão nos métodos analíticos de minerais, na dificuldade da medição nas respostas sensíveis e na necessidade de grande número de animais para serem usados em experimentos. Além disso, o autor ainda cita como dificuldade o fato das respostas à mudança no suprimento

de minerais serem sutis e também a longa duração experimental necessária para observar as respostas.

Barbosa et al., (2016) relatou a avaliação de três tipos de suplementação mineral para bovinos de corte no estado do Pará. Teve-se o objetivo de avaliar o custo-benefício, valores de minerais nas costelas e no fígado, além do ganho de peso, comparando tratamentos com mistura mineral seletiva, comercial e sal comum. Neste estudo, concluiu-se que o uso da mistura mineral seletiva foi a melhor alternativa para redução dos custos, sem comprometer o desempenho dos animais criados em pastagens no Estado do Pará.

Há doenças causadas pelo excesso ou deficiência de minerais na criação dos animais. Martins et al. (2018) relataram surtos de bócio em bovinos. Os animais foram diagnosticados com base nos achados clínico-patológicos, associados aos dados epidemiológicos acometidos. Em sua conclusão, a deficiência na suplementação de iodo acometida pela não utilização de suplemento mineral foi o causador do surto de bócio nos animais.

Foram encontrados trabalhos com o intuito de avaliar o efeito da suplementação mineral para desempenho reprodutivo. Pott et al. (1987) avaliaram o efeito de três misturas minerais e a idade da desmama sobre o peso e idade no primeiro parto de novilhas aneladas, na sub-região do Paiaguás. Logo depois, Pott et al. (1988) compararam três misturas minerais, avaliando o intervalo entre partos de vacas criadas na região do Paiaguás. Posteriormente, Prestes et al. (2004) analisaram os níveis plasmáticos de cálcio, cobre e zinco em vacas suplementadas com mistura mineral comercial criadas na região centro-oeste do Rio Grande do Sul. No primeiro estudo, concluiu-se que o desempenho reprodutivo foi limitado pela estacionalidade das pastagens. Já no segundo estudo, observou-se que foi viável a antecipação da desmama e a suplementação aos animais. Por fim, o terceiro estudo concluiu que o período produtivo exerce influência sobre os níveis plasmáticos de minerais nas vacas primíparas.

A fonte do mineral utilizado nas misturas minerais também é discutida. Teixeira et al. (2011) realizaram um estudo com quatro fontes de fósforo para bovinos em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst comparando parâmetros fisiológicos e desempenho ponderal. Em sua conclusão, as fontes de fósforo (fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha de Araxá) foram eficientes em manter os níveis adequados no soro.

Apesar de não avaliarem aspectos da nutrição mineral em si, vários trabalhos avaliando o uso de aditivos na dieta de ruminantes são encontrados utilizando junto com o uso de suplemento mineral. Trabalhos como o de Fernandes e Franzolin (2013), onde o objetivo foi avaliar o uso do aditivo orgânico Fator Premium®, na suplementação mineral-proteica, confirmaram seus benefícios em pastagem tropical. Silva (2020) também utilizou a suplementação mineral para administração de narasina, a qual não exerceu resultados significantes sobre os parâmetros ruminais e a digestibilidade de bovinos recebendo pastagem de baixa qualidade.

Estudos sobre a suplementação mineral foram encontrados utilizando a tecnologia do fornecimento de minerais orgânicos. Montemor e Marçal (2009) avaliaram o efeito da suplementação de cromo orgânico sobre o peso corporal e ganho de peso de bovinos da raça Nelore em pastejo de *Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*. A suplementação com cromo orgânico influenciou o peso corporal dos animais, concluindo que a sua utilização se mostrou eficiente para ganho de peso vivo dos animais.

O uso da suplementação mineral se faz com o intuito de atender às exigências dos animais, em algum período do ciclo de produção as exigências podem não ser completamente atendidas. Trabalhos como o de Pereira et al. (2017) demonstraram o uso da suplementação micromineral injetável para bovinos de corte, contendo cobre (Cu), Manganês (Mn), Selênio (Se) e Zinco (Zn). Em curto prazo, a utilização da suplementação mineral injetável se mostrou eficiente, em aumentar o status corporal em Mn e Zn e a longo prazo no armazenamento de Cu e Se no fígado.

Trabalhos como o de Possenti et al. (1993) foram encontrados fazendo comparação da suplementação ou não suplementação para animais criados a pasto. Para ganho de peso não houve diferença estatística, quando comparado a suplementação com a não suplementação mineral. Concluiu-se que a suplementação mineral não favoreceu uma adequada mineralização para os animais, porque foram encontrados valores de deficiência em ambos os tratamentos.

Diversos trabalhos relataram teores incorretos de minerais nas misturas comerciais. Marçal et al. (2002 ;2004; 2005) quantificaram teores de chumbo inorgânico, fósforo e flúor em amostras de suplemento mineral no estado do Goiás Mato Grosso do Sul e Paraná respectivamente. Foram encontrados teores incorretos em comparação às informações prestadas nos rótulos dos fabricantes. Marçal et al. (2004) e Buture e Marçal (2005) fizeram investigações de teores de chumbo e cádmio em suplemento mineral para bovinos de corte, comercializados no estado do Paraná. Em

suas conclusões, levantaram o alerta para a necessidade de monitoramento junto aos fabricantes, pois algumas misturas minerais tinham o potencial de serem tóxicas pelo efeito acumulativo de chumbo e cádmio.

Na literatura pesquisada não foi encontrado um número grande de artigos que tinha como tema a suplementação mineral. Diversos autores relatam a dificuldade de trabalhar com suplemento mineral para bovinos e os artigos encontrados são de muitos anos atrás. Foi encontrado um número grande de artigos que relataram a necessidade de se verificar as fontes de minerais presentes dentro do suplemento mineral, podendo chegar a níveis tóxico aos animais. Isso provocou um alerta ao tema, pois com a solubilidade de alguns elementos pode levar ao aumento dos níveis de outros minerais dentro da mistura exposta ao ambiente, podendo chegar a níveis tóxicos com maior facilidade.

1.4. A função do sódio na suplementação mineral de bovinos a pasto

Dentre as funções do sódio, estão o controle do metabolismo da água no corpo, equilíbrio ácido-base, manter a pressão osmótica, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos e transporte de outros nutrientes (Suttle, 2010; Valadares Filho, 2016). A bomba de sódio e potássio é um meio de transporte ativo que ocorre em todas as células do corpo, sendo vital para a manutenção das diferenças eletroquímicas através das membranas e a captação celular de glicose por meio da ação de uma ATPase dependente de íons sódio/potássio (Suttle, 2010).

Em ruminantes, pela relação de simbiose com os microrganismos, a nutrição do animal engloba a nutrição dos microrganismos presentes no rúmen. Ruckebusch e Thivend (1979) relataram que o sódio é necessário para uma fermentação ideal no rúmen, mas não estabeleceu valores exigidos pelos microrganismos. As concentrações de sódio encontradas no rúmen são adequadas para suportar o crescimento abundante de todas as espécies de microrganismo. A maior parte do sódio encontrado no rúmen é proveniente da saliva. Foi constatado que a síntese de proteína e vitamina B12 é afetada com baixos níveis de sódio no rúmen (Rubkebusch e Thivend, 1979).

O gado utiliza o sódio de uma forma muito eficiente, mas é muito pequena a quantidade que é armazenada em uma forma que esteja disponível para o metabolismo. De acordo com o ARC (1980), o sódio proveniente da dieta é completamente absorvido, com isso o conceito de perdas endógenas fecais não se aplicaria a esse mineral. Porém Valadares Filho (2016) quantificou valores de sódio nas fezes e urina em média de 37,5

e 38,6% do consumido respectivamente. O aumento da excreção está relacionado com o excesso de sódio na alimentação, podendo contribuir para o excesso no ambiente e causando toxicidade nas plantas (NRC, 2001).

A determinação das exigências nutricionais é um processo de constante evolução, pois com o aumento dos níveis produtivos ocorre aumento das exigências dos animais (Marino e Medeiros, 2015). Moraes (2006) relatou que o número de trabalhos envolvendo a suplementação mineral de bovinos a pasto é limitada. Em sua tese, com o objetivo de estimar as exigências líquidas e dietéticas de minerais, sendo o sódio um dos minerais pesquisados, encontrou valores de exigência dietéticas totais de sódio entre 3,17 a 4,23 g/animal/dia. Com o aumento do peso vivo dos animais, as exigências líquidas para sódio diminuem. De acordo com o NRC (2001) e Valadares Filho et al., (2016), a exigência de sódio foi fixada em 1,5 g/100 kg de peso vivo e 6,3 mg/kg (0,63 g/100 kg) de peso corporal respectivamente.

O sódio está presente na saliva e é encontrado em largas proporções na forma de bicarbonato de sódio, sendo um dos principais componentes do sistema tampão dos ruminantes. Ferreira et al. (2008) citaram que o sódio é encontrado na natureza principalmente na forma de cloreto de sódio (NaCl). Os ruminantes desenvolveram o comportamento pela procura de sal através da percepção olfativa e gustativa, e muitas vezes, pelo reflexo do déficit de sódio, encontra-se animais fazendo livre ingestão de solo (geofagia) com o intuito de atender a necessidade e restauração dos seus níveis corporais.

O cloreto de sódio, normalmente conhecido por sal de cozinha, é um composto cristalino incolor de fórmula NaCl, com densidade de 2,165 g/cm³ e massa molar de 58,443 g/mol. Ele pode ser obtido através de extração de depósitos geológicos, sendo então conhecido como sal-gema, cujo componente principal é o mineral Halita, constituído por cristais de NaCl. Outro processo utilizado para a obtenção do sal é pela evaporação da água do mar em salinas (Ribeiro, 2012).

O fornecimento de sódio para bovinos a pasto se dá através do uso do sal comum, sendo o cloreto de sódio a principal fonte de sódio utilizada. O uso do bicarbonato de sódio também se mostra efetivo na recuperação do animal carente por sódio, porém é muito pouco utilizado na suplementação de bovinos com intuito de suprir as exigências de sódio pelo animal. A utilização de sulfato de sódio é uma alternativa que se mostra efetiva, sendo comercializada com o objetivo de ser uma fonte de sódio sem o cloreto

para a suplementação dos animais. Existem outras fontes de sódio para alimentação animal, porém não utilizadas para ruminantes.

Não foram encontrados trabalhos com o objetivo de avaliar a utilização de outra fonte de sódio para nutrição de ruminantes além do cloreto de sódio, quando estendido a busca para animais monogástricos, encontrou-se trabalhos como o de Rosa et al. (2010) que avaliaram o efeito do uso de 3 fontes do sódio na alimentação de frangos de corte sobre o desempenho e rendimento de carcaça. As alternativas para suprir a exigência de sódio eram através do cloreto de sódio, bicarbonato de sódio e formiato de sódio. Em sua conclusão, foi possível observar que a utilização de outra fonte de sódio na alimentação de frangos de corte não interferiu no desempenho e rendimento da carcaça.

O cloreto de sódio é considerado um sal solúvel, pois a sua capacidade de se dissolver em água é grande. A solubilidade é a capacidade máxima que um soluto consegue se dissolver, em um certo volume de solvente e em uma determinada temperatura. Quando a solubilidade de um composto é determinada baixa, esse composto é classificado como insolúvel ou pouco solúvel, e quando a solubilidade é determinada alta esse composto é classificado como solúvel. A temperatura é um fator que pode interferir na solubilidade de um soluto, de maneira geral, com o aumento da temperatura a solubilidade do precipitado aumenta (Forte et al., 2019). Alves Júnior et al. (2021) relataram que o cloreto de sódio não sofreu diferença na solubilidade em relação a temperatura de 1 a 20°C.

1.5. Precipitação pluviométrica nas condições brasileiras

A precipitação é o processo da união de várias gotículas de água ou cristais de gelo, suspensos na atmosfera, que vencem a força de flutuação térmica e se transformam em chuva. As gotículas de água possuem diâmetro médio de 0,02 mm e para vencer a força de flutuação térmica são necessárias gotas com diâmetro maior do que 1 mm (Ynoue et al., 2017). A precipitação se dá por três causas primárias, a primeira é quando uma massa de ar quente e úmida é forçada a subir por uma barreira física, a segunda é quando uma massa de ar instável se eleva rapidamente pelo motivo de uma área que se aqueceu e por último, quando há um confronto de duas grandes massas de ar de temperaturas diferente (Wischmeier e Smith, 1978).

O clima de uma região é definido pela quantidade e distribuição das chuvas, juntamente com a temperatura do ar determinando o tipo de vegetação natural. A medida das chuvas é realizada em estações meteorológicas, pelo equipamento chamado

pluviômetro, a unidade de medida é a altura pluviométrica, que é expressa em milímetros. Em outros países, podem ser utilizadas outras unidades de medida, como a polegada, sendo $1 \text{ mm} = 0,039$ polegadas (Ynoue et al., 2017).

A altura pluviométrica é expressa pela seguinte equação, o volume precipitado dividido pela área da captação, igual a altura pluviométrica. A lâmina de água coletada terá altura de 1 mm se o volume coletado for de 1 litro de água, captado em 1 metro quadrado, ou seja, 1 mm é igual a 1 L/m^2 .

O impacto da gota das chuvas em contato com o solo promove a desagregação de partículas, causando a erosão hídrica. Para estimar as perdas de solo é necessário conhecer o potencial erosivo e conhecer as características da chuva. Dentre as características físicas das chuvas tem-se a intensidade, quantidade, diâmetros da gota, velocidade terminal e energia cinética (Wischmeier e Smith, 1978). Esses dados contribuem para a agricultura e conservação e manejo do solo, sendo importante para determinação e classificação do impacto ocasionado pelas chuvas.

No Brasil, há uma falta de informações para obter cálculo do índice de erosividade, que dificulta sua execução em diversas localizações. Trindade et al. (2016) elaboraram um mapa de erosividade das chuvas para o Brasil. A distribuição das chuvas foi dividida em oito bacias hidrográficas, onde a bacia do Amazonas teve a maior precipitação média anual e a bacia do São Francisco a menor precipitação média anual. Em sua conclusão, foi possível identificar os locais onde os índices pluviométricos são altos durante o ano e classificar áreas com maior poder de erosividade.

Com a precipitação, pode ocorrer também a deposição de mineral, lixiviação e compactação do solo. Scheer (2008) objetivou de avaliar os fluxos de minerais depositados no solo através da precipitação pluviométrica, e concluiu que o sódio foi o mineral mais depositado no solo pelas chuvas e, possivelmente, a localidade do experimento realizado interferiu neste resultado, pois a área experimental estava localizada a 5 km de distância do mar. Wang e Ren (2021) relataram que a duração das chuvas interferiu na lixiviação de manganês dos resíduos de minério na cidade de Xiangtan, província de Hunan. Niciizah e Wakindiki (2014) relataram que o aumento na intensidade da chuva interferiu na severidade da formação de crostas no solo.

Estudos como o de Wang e Hou (2022) demonstraram que um aumento da precipitação pluviométrica resultou no aumento da produtividade na vegetação acima do solo, sendo responsável pela regeneração e conservação das pastagens em regiões áridas. A variação da precipitação em áreas de produção de pecuária reflete no aumento

ou redução da densidade do rebanho bovino nessas regiões. Sloar et al. (2018) avaliaram as ameaças climáticas às pastagens globais, com foco específico nas mudanças da variabilidade da precipitação. Notou-se que, em áreas com alta variação da precipitação, a capacidade de suporte das pastagens era reduzida quando comparada às áreas com baixa variação da precipitação.

A precipitação pode interferir na vegetação do ambiente, estrutura do solo e impactos erosivos na terra. A técnica mais usada para fornecer a mistura mineral para bovinos em pastejo é na forma de pó no cocho, que no geral, não possuem abrigos contra chuva, ventos e radiação solar, podendo ser lixiviado pela chuva, solubilizando alguns minerais e causando mudanças na concentração do suplemento exposto. Assim, é necessário saber os impactos que a precipitação pode causar na mistura mineral exposta ao ambiente e a solubilidade do sódio, que é o veículo de ingestão para o consumo de outros minerais.

Após os estudos dos artigos sobre a suplementação ficaram algumas questões de pesquisas que não foram encontradas na literatura, NaCl é o ingrediente com maior participação na massa de suplemento lixiviado; O teor de Na em suplementos minerais é reduzido pela precipitação, de forma linear; A redução do teor de Na em suplementos minerais reduz seu consumo e desaparecimento do cocho; O teor de Na em suplementos submetidos ao ambiente pode não atender as exigências do elemento; Uma parcela significativa do suplemento desaparecido do cocho não deve ser computada como consumo; Considerar a redução do teor de Na e as perdas de suplemento por lixiviação reduz as estimativas do consumo diário de Na em bovinos a pasto; Existe um nível mínimo de Na nos suplementos minerais para atender as exigências de bovinos e este é afetado pelas perdas de Na e suplemento pelas chuvas.

2. REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL- ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980. 351p.

ALVES-JUNIOR, C. A.; MARTIS, M. J. N.; BETIOL, L. F. L.; TELIS-ROMERO, J. Solubilidade de cloreto de sódio e seus sais substitutos para utilização na indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. 2021.

ASBRAM - Associação Brasileira das Indústrias de Suplementos Minerais. **Guia prático para a correta suplementação pecuária: bovinos de corte**. 2007

BARBOSA, F. B.; BOMJARDIM, H. A.; HELAYEL, M. J. S. A.; FAIAL, K. C. F.; OLIVEIRA, C. M. C.; MALAFAIA, P.; BRITO, M. F.; BARBOSA, J. D. Avaliação econômica de três tipos de suplementação mineral para bovinos de corte no Estado do Pará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. p. 600-604. 2016.

BUTURE, I. O.; MARÇAL, W. S. Teores de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados no estado do paraná. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.1, p.51-56, 2005.

DANTAS, C. C. O., Negrão F. M. Fun es e sintomas de deficiência dos minerais essenciais utilizados para suplementa o dos bovinos de corte. **UNICI ncias**. v14 n.2 2010.

FERNANDES, L. B.; FRANZOLIN, R. Suplementa o mineral-proteica com e sem uso de aditivo para bovinos de corte em pastagem tropical. **Universidade de São Paulo**. 2013.

FORTE, C. M. S.; PACHECO, L. C. M.; QUEIROZ, Z. F. **Quimica Analítica I**. 2  edic o, Ed UECE. 2019.

KHAN, Z. I. Assessment of Forage Macromineral Content: Influence of Pasture and Seasonal Variation. **Asiático-Austr ico. J. Anim. Ciência**, v. 20, n. 6, p. 908-913. 2007.

MALAFAIA, P.; COSTA, R. M.; BRITO, M. F.; PEIXOTO, F. V.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H.; D BEREINER, J. Equívocos arraigados no meio pecuário sobre deficiências e suplementa o minerais em bovinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 34(3) p. 244-249. 2014.

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

MARÇAL, W.S.; BUTURE, I.O. Teores de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados no estado do paraná. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.1, p.51-56, 2005.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; NASCIMENTO, M. R. L.; OLIVEIRA, H. S. Teores de chumbo em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4. 2002.

MARINO, C. T.; MEDEIROS, S. R. Minerais e vitaminas na nutri o de bovinos de corte. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. (Org). **Nutri o de bovinos de corte: fundamentos e aplica es**. Brasilia, Embrapa, 2015. p. 77- 94.

MARTINS, K. P. F.; FONSECA, T. R. S.; SILVA, E. S.; MUNHOZ, T. C. P.; DIAS, G. H. S.; GALIZA, G. J. N.; OLIVEIRA, L. G. S.; BOABAID, F. M. Bócio em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. p. 1030-1037. 2018.

McDONAWELL, L. R. Mineral in animal and human nutrition. Academic press, p. 78-95. 1992.

MELLO, E. B. F. R. B.; REIS, L. C. O consumo de sal em ruminantes: aspectos fisiológicos e comportamentais mediante a perspectiva de produ o animal. **Revista de Ciência da Vida**. v. 28, n. 1, p. 52-63. 2008.

MONTEMÓR, C.H.; MARÇAL, W. S. Desempenho de bovinos da raça nelore suplementados com cromo orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 701-708. 2009.

MORAES, E. H. B. K. **Desempenho e exigência de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação.** 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7. ed. Washinton, D.C.: National Academy Press p. 381. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, p. 242. 1996.

NICIIZAH, A. D.; WAKINDIKI, I. I. Effects of precipitation intensity on crust formation and seedling emergence mode in some quartz-dominated South African soils. **Departamento de Agronomia, University of Fort Hare.** v. 40 n. 4. 2014.

NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; MOREIRA, A. Nutrição mineral de bovinos de corte em pastejo-repostas de plantas forrageiras à adubação e de bovinos à suplementação da pastagem. **Embrapa Pecuária Sudeste-Documentos (INFOTECA-E),** 2008.

PEREIRA, C. S.; ROCHA, F. R. A. T.; BENTO, A. C.; VEDOVATTO, M.; NETO, I. M. C.; D'OLIVEIRA, M. C.; FRANCO, G. L. Suplementação micromineral injetável para bovinos de corte. **ANAIS DA X MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ.** Campo Grande, MS; UFMS, 2017. p. 338-345.

POSSENTI, R. A.; RIBEIRO, W.R.; OTSUK, I. P. Determinações minerais em tecidos de bovinos suplementados ou não com mineral. **B. indústria Animal,** 50(1), p. 43-48. 1993.

POTT, E. B.; TULLIO, R. R.; ALMEIDA, I. L.; BRUM, P. O. R.; SOUSA, J. C. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguas do Pantanal Mato-Grossense. II. Efeito da suplementação mineral sobre índices reprodutivos de novilhas. **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE),** 1987.

PRESTES, D.S.; FILAPPI, A.R.; 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.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. **Guia de interpretação de análises de solo e foliar.** p. 104. 2013.

ROSA, E. R.; LOPES, D. C. N.; ROLL, A. A. P.; GENTILINI, F. P.; ROLL, V. F. B.; ZANUSSO, J. T. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos alimentados com diferentes fontes de sódio. **Ciência Animal Brasileira.** p. 73-79, 2010.

RUCKEBUSCH, Y.; THIVEND, P. **Digestive physiology and metabolism in ruminants.** p. 854. 1979.

SCHEER, M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. **FLORESTA,** Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 117-130. 2008.

SILVA, L. O. M. Digestibilidade e parâmetros ruminiais de bovinos recebendo suplementação mineral contendo narasina. **VETTESES.** 2020.

SILVEIRA, L. P. Suplementação mineral para bovinos. **PUBVET.** v.11, n.5, p. 489-500. 2017.

SLOAT, L. L.; GERBER, J. S.; SAMBERG, L. H.; SMITH, W. K.; HERRERO, M.; FERREIRA, L. G.; GODDE, C. M.; WEST, P. C. Increasing importance of variability in precipitation on global cattle pastures. **Nature Climate Change**, v. 8 p. 214-218, 2018.

SOUSA, J. C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. **Embrapa Gado de Corte-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1981.

SUTTLE, N.F. Mineral nutrition of livestock. 4ª ed. Oxfordshire: CABI, 587p. 2010.

TEIXEIRA, S.; BRANCO, A. F.; GRANZOTTO, F.; BARRETO, J. C.; ROMA, C. F. C.; CASTAÑEDA, R. D. Fontes de fósforo em suplementos minerais para bovinos de corte em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.1, p.190-199. 2011.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 127-138, 2000.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLEAN, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.51, n.12, p.1918-1928. 2016.

VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; GIONBELLI, M. P.; ROTTA, P. P.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PRADOS, L. F. Exigências nutricionais de zebrúinos puros e cruzado. **Editora UFV: Viçosa, Brasil**, 2016.

WANG, S. L.; HOU, F. J. Precipitation regulates the livestock manure seed bank through aboveground vegetation productivity in the Qaidam Basin. **Wiley**, n. 33, p. 1637-1648. 2022.

WANG, X.; REN, B. Study of the mechanism and kinetics of manganese release from manganese ore waste under rainwater leaching. **Environmental Science and Pollution Research**, n. 22, p. 5541-5551. 2021.

WEISS, W. P. A. 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc—Mineral and vitamin nutrition of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 100. 2017.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Department of agriculture. 1997.

1 Manuscrito redigido nas normas do periódico Archives of Animal Nutrition

2 (<https://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?show=instructions&journalCode=gaan20>)

3

4 **3. ARTIGO: Dinâmica das perdas de sódio em suplementos minerais expostos à chuva:**
5 **consumo e atendimento de exigências de novilhos Nelore na fase de crescimento**

6

7 Wallyson Amaral de Almeida^{a *}, Manoel Gustavo Paranhos da Silva^a, Andrei Pereira Neves^b,
8 Thiago Luís Alves Campos de Araújo^c, Nickson Milton Correa Siqueira^d, Zey Wellington
9 Gomes de Souza^a, Denise Baptaglin Montagner^e, Valter Bumbieris Júnior^d, Bruno Marson^f,
10 Márcio de Nadai Bonin^f, Luís Carlos Vinhas Ítavo^a, Rodrigo da Costa Gomes^d
11

12 ^a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do
13 Sul, Avenida Senador Felinto Muller, 2443, Pioneiros, Campo Grande, MS, Brasil.

14 ^b Zootecnista, Senar/MS, Rua Marcino dos Santos, 401, Chácara Cachoeira, Campo Grande,
15 MS, Brasil.

16 ^c Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Rua Francisco Mota, 572, Mossoró,
17 RN, Brasil.

18 ^d Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid km 380, Londrina, PR,
19 Brasil.

20 ^e Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Vila Popular, Campo Grande, MS,
21 Brasil.

22 ^f Connan Comércio de Nutrição Animal Ltda., Av. Mário Pedro Vercellino, 877, Jardim
23 América, Boituva, SP.

24

25 *Autor para correspondência. zoo.wallyson@gmail.com

26 **RESUMO**

27 O sódio é solúvel em água e está sujeito a lixiviação quando expostos ao ambiente. Assim, o
28 objetivo foi estudar o efeito da chuva sobre a dinâmica de perdas do sódio em misturas
29 minerais para bovinos na fase de crescimento. Foram realizados 7 experimentos com a
30 finalidade de analisar a dinâmica das perdas de sódio em suplementos minerais exposto ao
31 ambiente. O primeiro experimento teve o objetivo de quantificar a quantidade de sódio que se
32 perde para o ambiente, através da mensuração do elemento na parte lixiviada do cocho. O
33 experimento 3 e 4 foi realizado com diferentes níveis de sódio na mistura mineral (35, 70, 105
34 e 140 g de sódio por kg de suplemento mineral) com o intuito de identificar se afetaria o
35 consumo de suplemento através da concentração fornecida. Os demais experimentos (2, 5, 6 e
36 7) foram utilizados os dados de precipitação e análises do teor de sódio na composição das
37 sobras do suplemento para criação de uma equação entre as perdas de sódio do suplemento
38 mineral em relação a precipitação (milímetros ou dias de chuvas). Foi estimada a exigência de
39 sódio dos animais através do sistema de alimentação NRC e o BR-CORTE. Adotou-se o uso
40 da metodologia do cocho de exclusão para ajustar os valores de sódio no suplemento mineral
41 exposto ao ambiente através da correção das perdas quantificadas. Com isso, foi criado um
42 nível mínimo de teor de sódio, chamado de nível crítico de sódio em g por kg de suplemento
43 mineral, através da estimativa das exigências dos animais. Foi identificado que a relação entre
44 precipitação e dias de chuva em função das perdas de sódio na mistura mineral é considerada
45 fraca ($R^2 = 0,1393$ e $0,2203$ respectivamente). O sódio foi o segundo elemento que mais
46 sofreu lixiviação da mistura mineral exposta ao ambiente, 28% da massa lixiviada é composta
47 por cloreto de sódio. Com isso, após quantificar a porção de sódio perdido para o ambiente,
48 obtido através dos dados dos demais experimentos, foi criado um coeficiente de correção das
49 perdas de suplemento mineral quando exposto ao ambiente. Essas perdas foram estimadas em
50 25,5% de acordo com a metodologia do cocho de exclusão. O valor de nível crítico ajustado
51 para as perdas no ambiente foi estimado em 87,3 g de sódio por kg de suplemento mineral,
52 sendo o limite mínimo para atender as exigências dos animais suplementados a pasto. Assim,
53 no experimento 3 e 4 observou-se que nos tratamentos 35 e 70 g de sódio por kg de
54 suplemento mineral não atenderam as exigências dos animais, porém não se teve diferença
55 estatística para desempenho, porém houve diferença para consumo de sódio, onde se teve o
56 maior consumo no tratamento com menor nível de sódio por kg de suplemento mineral. Teve-
57 se um total de 373 observações analisadas e 27,5 % das observações se encontraram com
58 valor de sódio obtido nas sobras da mistura mineral abaixo do nível crítico. O teor de sódio
59 interfere no consumo de suplemento mineral e a exposição da massa suplementar ao ambiente

60 está sujeita a perdas por lixiviação levando a um desequilíbrio da concentração dos elementos,
61 podendo não atender as exigências dos animais e provocando a ingestão de minerais em
62 proporções desbalanceada.

63

64 **Palavras-chave:** mineralização, Na, ruminantes, suplementação em pastejo

65 **Dynamics of sodium losses in mineral supplements exposed to rain: consumption and**
66 **meeting requirements of Nellore steers in the growth phase.**

67

68 **ABSTRACT**

69 Sodium is soluble in water and is subject to leaching when exposed to the environment. Thus,
70 our objective was to study the effect of rain on the dynamics of sodium losses in mineral
71 mixtures for cattle in the growth phase. Seven experiments were carried out with the purpose
72 of analyzing the dynamics of sodium losses in mineral supplements exposed to the
73 environment. The first experiment aimed to quantify the amount of sodium that is lost to the
74 environment, by measuring the element in the leached part of the trough. Experiments 3 and 4
75 were carried out with different levels of sodium in the mineral mixture (35, 70, 105 and 140 g
76 of sodium per kg of mineral supplement) with the aim of identifying whether it would affect
77 supplement consumption through the concentration provided. The other experiments (2, 5, 6
78 and 7) used precipitation data and analyzes of the sodium content in the composition of the
79 supplement leftovers to create an equation between the sodium losses of the mineral
80 supplement in relation to precipitation (millimeters or rainy days). The sodium requirement of
81 animals was estimated using the NRC (1996 and 2001) and Valadares Filho (2016). The
82 exclusion trough methodology was adopted to adjust the sodium values in the mineral
83 supplement exposed to the environment by correcting the quantified losses. As a result, a
84 minimum level of sodium content was created, called the critical level of sodium in g per kg
85 of mineral supplement, by estimating the animals' requirements. It was identified that the
86 relationship between precipitation and rainy days due to sodium losses in the mineral mixture
87 is considered weak ($R^2 = 0.1393$ and 0.2203 respectively). Sodium was the second element
88 that suffered the most leaching from the mineral mixture exposed to the environment, 28% of
89 the leached mass is made up of sodium chloride. Therefore, after quantifying the portion of
90 sodium lost to the environment, obtained through data from other experiments, a correction
91 coefficient for the loss of mineral supplement when exposed to the environment was created.
92 These losses were estimated at 25.5% according to the exclusion trough methodology. The
93 critical level value adjusted for losses in the environment was estimated at 87.3 g of sodium
94 per kg of mineral supplement, being the minimum limit to meet the requirements of animals
95 supplemented on pasture. Thus, in experiments 3 and 4 it was observed that in treatments 35
96 and 70 g of sodium per kg of mineral supplement did not meet the animals' requirements, but
97 there was no statistical difference for performance, but there was a difference for sodium
98 consumption, where had the highest consumption in the treatment with the lowest sodium

99 level per kg of mineral supplement. A total of 373 observations were analyzed and 27.5% of
100 the observations had a sodium value obtained in the remains of the mineral mixture below the
101 critical level. The sodium content interferes with the consumption of mineral supplements and
102 the exposure of the supplementary mass to the environment is subject to losses through
103 leaching, leading to an imbalance in the concentration of the elements, which may not meet
104 the animals' requirements and causing the ingestion of minerals in unbalanced proportions.

105

106 **Keywords:** mineralization; Na; ruminants; grazing supplementation

107 4. INTRODUÇÃO

108

109 A carência de sódio na dieta de bovinos é bastante conhecida (Sousa et al., 1987;
110 Wallisdevries, 1996, Senger et al., 1997) e corrigir suas deficiências é uma das premissas dos
111 conceitos de suplementos minerais de livre consumo atualmente utilizados (McDowell, 1996).
112 Em suplementos em pó, o cloreto de sódio modula o consumo voluntário da mistura mineral,
113 propiciando o atendimento das exigências nutricionais dos demais macro e microelementos,
114 sendo então recomendada ser incluído entre 20% e 40% na mistura (McDowell, 1996). Talvez
115 pela consolidação desta recomendação, não é frequente na literatura preocupações que ela seja
116 efetiva em condições tropicais, com alta precipitação e calor. O motivo, provavelmente, seja a
117 consideração de um cenário de excesso de sódio suplementar, ou mesmo a omissão da
118 possibilidade da composição do suplemento se alterar ao longo do período em que o
119 suplemento fica disponível aos rebanhos, exposto ao ambiente.

120 No entanto, trabalho recente em condições tropicais (Silva et al., 2023) relatou
121 evidências de significativas perdas de sódio na mistura mineral de livre consumo por
122 exposição à precipitação pluviométrica (29% em média), assim como a alteração na
123 concentração de outros elementos, sugerindo a possibilidade de desbalanceamento na
124 provisão de elementos minerais essenciais. Aliado a isso, pesquisas vem demonstrando que
125 em condições de estresse térmico, os bovinos tendem a aumentar as perdas de sódio pelo suor,
126 aumentar a excreção via urina e reduzir o consumo de matéria seca, reduzindo os coeficientes
127 de retenção do elemento (Salles et al., 2008; Thiangtum et al.; 2016), logo, aumentando as
128 exigências dietéticas. Tais observações trazem a preocupação sobre a possibilidade de haver
129 cenários de deficiência marginal de sódio e que possam, de alguma forma, levar a reduções no
130 desempenho, tendo como agravante, ainda, a possibilidade de uma maior exposição a estresse
131 calórico, a partir das mudanças climáticas (North et al., 2023).

132 Assim, explorar a hipótese de que perdas significativas de cloreto de sódio podem
133 ocorrer com as chuvas e que tais perdas podem comprometer a capacidade dos suplementos
134 minerais de livre consumo de promoverem adequado desempenho animal, pode trazer novos
135 conhecimentos e paradigmas para a suplementação mineral de bovinos a pasto, em condições
136 tropicais, podendo-se, inclusive, se estabelecer níveis críticos mínimos de sódio para se
137 aperfeiçoar as práticas de suplementação mineral de livre consumo. Portanto, o objetivo com
138 o presente trabalho foi o de avaliar a dinâmica do sódio em suplementos minerais expostos à
139 precipitação pluviométrica e analisar os efeitos de uma possível redução no teor de sódio

140 sobre a capacidade dos suplementos de livre consumo em atenderem as exigências diárias do
141 elemento.

142 **5. MATERIAL E METODOS**

143

144 O presente estudo utilizou dados coletados em diferentes experimentos, realizados entre
145 os anos de 2016 e 2022, com diferentes objetivos, tais como avaliar diferentes formas físicas
146 de suplementos minerais ou diferentes estratégias de fornecimento de suplementos minerais
147 para bovinos a pasto. Todos os experimentos foram conduzidos no Centro Nacional de
148 Pesquisa em Gado de Corte (CNPGC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
149 (Embrapa), em Campo Grande, MS, Brasil (20°27' S e 54° 37' W, a 530 m de altitude). O
150 clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo *AW*, tropical chuvoso de
151 savana, com período seco definido de maio a setembro, precipitação e temperatura média de
152 1449 e 23,4°C, respectivamente. Os procedimentos experimentais empregados nos
153 experimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do
154 CNPGC/EMBRAPA, sob protocolo nº 05/2015 e 01/2020. A descrição geral dos
155 experimentos é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização geral dos experimentos realizados

#	Experimento			Tratamentos	Períodos		Piquetes		Animais			
	início	Fim	Duração		n	Duração	n	Pastagem	n	Sexo/Raça	PC/Idade	Prec.
1	12/2016	04/2017	126	Tipos físicos de suplementos	9	14	12	Mar	6	F/SE, CA	220 kg/15 m	526 mm
2	11/2017	03/2018	126	Tipos físicos de suplementos	9	14	12	Mar	4 a 10	M e F/CR	255 kg/14 m	668 mm
3	06/2018	09/2018	84	Níveis de Na no suplemento	6	14	12	Mar	4 a 10	M e F/CR	235 kg/ 8 m	151 mm
4	10/2018	01/2019	96	Níveis de Na no suplemento	7	14	12	Mar	4 a 10	M e F/CR	253 kg/ 11 m	299 mm
5	12/2019	03/2020	84	Tipos físicos de suplementos Tipos de cocho	4	21	14	Mar e Ypi	2 a 20	M/BR	205 kg/12 m	585 mm
6	03/2021	06/2021	105	Tipos físicos de suplementos Frequência de fornecimento	5	21	24	Mar	5	M/BR	250 kg/8 m	536 mm
7	11/2021	03/2022	126	Tipos físicos de suplementos Frequência de fornecimento	6	21	20	Mar	4 a 5	M/NE	200 kg/12 m	539 mm

M=machos, F=fêmeas, SE= Senepol, CA=Caracu, CR=cruzados, BR=Brangus, NE=Nelore, n=número de animais por piquete, Mar= Brachiaria brizantha cv. Marandu, Brachiaria BRS RB331 Ypiporã, PC=peso corporal inicial médio no experimento.

5.1. Área experimental e procedimentos experimentais gerais

A área experimental utilizada para os experimentos 1 a 5 era composta de 12 piquetes formados por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com aproximadamente 4,5 ha. A área foi manejada em lotação contínua, sem ajustes de carga ao longo do período experimental. O número de animais por piquete variou de acordo com o experimento, conforme Tabela 1. Para o experimento 6, foi utilizada uma área formada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e dividida em 12 piquetes de 4 ha cada e em uma segunda área formada por *Brachiaria* spp. cv. BRS RB331 Ipyporã dividida em 9 piquetes de aproximadamente 1,5 ha cada. Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos piquetes, sendo alocados oito animais avaliadores em uma das áreas, em lotação contínua e com carga fixa, e oito animais avaliadores em lotação contínua e carga variável na outra área. Já o experimento 7 utilizou 20 piquetes formados de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com área variando de 3 a 4,5 ha. Para este experimento, a área foi manejada em lotação contínua, sem ajustes de carga ao longo do período experimental. Em todos os experimentos, foi realizado monitoramento da precipitação pluviométrica por meio de pluviômetros instalados em dois a quatro locais da área experimental. Todos os piquetes eram dotados de cochos para suplementação e bebedouros para fornecimento de água à vontade.

Para a entrada nos experimentos, os animais foram previamente vermifugados (Doramectina 1%, Exceller, Vallé), individualmente identificados com brincos e submetidos a controle de ectoparasitos quando necessário (Cipermetrina 5% + Clorpirifós 7% + Butóxido de Piperonila 5% + Citronelal 0,5%, Cyperclor Plus Pour On, Ceva Saúde Animal, Brasil). Os suplementos foram fornecidos em cochos plásticos, sem nenhum tipo de cobertura, com dimensão de 0,86 x 0,56 m e profundidade de 0,29 m, suspensas do solo em suporte de madeira de 0,5 m. Os cochos possuíam dreno no fundo, consistindo-se em um furo de aproximadamente 4 mm de diâmetro (Experimento 1), 8 mm de diâmetro (Experimento 2) ou lateral (Experimento 3 a 7), para escoamento da água da chuva. Cada experimento foi subdividido em períodos de 14 a 21 dias de duração (Tabela 1), quando foi avaliado o desaparecimento da mistura mineral do cocho, pela diferença entre fornecido e sobras. No início de cada período (dia 0, D0), foi fornecido $20,6 \pm 7,7$ kg/piquete de cada suplemento (mínimo = 13 kg, máximo = 60 kg, mediana = 21 kg), em apenas um cocho, sendo previamente pesado em balança mecânica. Ao final do período, as sobras eram retiradas, pesadas e amostradas para determinação da matéria seca, por meio de pré-

secagem em estufa calibrada a 55 °C por 72 horas e em seguida secagem definitiva em estufa a 105 °C por 24 horas.

Os suplementos utilizados foram formulados para conterem níveis semelhantes de macro e microelementos, com 80 g P/kg como referência, e produzidos de acordo com as recomendações da Instrução Normativa 12 de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil – MAPA (BRASIL, 2004), no qual é baseada nas exigências para bovinos de corte na fase de recria, indicadas pelo NRC (1996) e NRC (2001). O processo de fabricação ocorreu em uma indústria dedicada à produção e comercialização de suplementos nutricionais para bovinos, devidamente licenciada pelo MAPA. Para a formulação das misturas minerais, foram utilizadas as fontes fosfato bicálcico (44%), cloreto de sódio (35,1%), carbonato de cálcio (15,7%) e uma pré-mistura (5,2%), contendo enxofre elementar, sulfato de cobalto, sulfato de cobre, óxido de zinco, óxido de magnésio, sulfato de manganês, selenito de sódio e iodato de cálcio.

5.2. Etapas e procedimentos analíticos

A sequência de etapas, procedimentos realizados, dados utilizados e hipóteses testadas é ilustrada na Tabela 2 e, posteriormente, detalhada.

Tabela 2 - Etapas, procedimentos, origem dos dados utilizados (experimentos) e hipóteses testadas.

Etapas	Procedimento	Experimento	Hipótese
1	Estimativa da participação do NaCl (%) na massa lixiviada pelas chuvas	2	NaCl é o ingrediente com maior participação na massa de suplemento lixiviada
2	Determinação do efeito da precipitação (mm/período) sobre o teor de sódio (g/kg) nas sobras de suplementos minerais	1, 2, 5, 6, 7	O teor de Na em suplementos minerais é reduzido pela precipitação, de forma linear
3	Determinação do efeito do nível de sódio de suplementos minerais (g/kg) sobre seu desaparecimento (g/dia)	3, 4	A redução do teor de Na em suplementos minerais reduz seu consumo e desaparecimento do cocho.
4	Estimativa do atendimento de exigências de Na, em função do consumo estimado de forragem e do desaparecimento de suplemento	2, 3, 4, 6	O teor de Na em suplementos submetidos ao ambiente pode não atender as exigências do elemento
5	Estimativa das perdas de suplemento por lixiviação pelo	6, 7	Uma parcela significativa do suplemento desaparecido do

	método do cocho de exclusão		cocho não deve ser computada como consumo
6	Ajuste do consumo estimado de Na para a redução do seu teor no suplemento e paras as perdas de suplemento por lixiviação medidas pelo cocho de exclusão	1, 2, 3, 4, 5, 6	Considerar a redução do teor de Na e as perdas de suplemento por lixiviação reduz as estimativas do consumo diário de Na em bovinos a pasto
7	Definição do nível crítico de Na em suplementos minerais, considerando diferentes abordagens para estimativa do consumo de Na	3,4	Existe um nível mínimo de Na nos suplementos minerais para atender as exigências de bovinos e este é afetado pelas perdas de Na e suplemento pelas chuvas

5.2.1. Estimativa da participação do NaCl (%) na massa lixiviada pelas chuvas

A participação do cloreto de sódio nas perdas de suplemento com a lixiviação pela chuva foi estimada utilizando dados do experimento 2. Neste experimento, os comedouros foram dotados de dispositivos para coleta total da água e da fração não solubilizada de suplemento, lixiviados através do dreno inferior. A partir do dreno, um tubo flexível foi instalado até um recipiente plástico com capacidade de 20 L, o qual armazenou a água lixiviada.

Entre o dreno e o início do tubo flexível, foi instalado um filtro confeccionado com funil plástico e papel filtro qualitativo (J Prolab, São José dos Pinhais, Brasil, gramatura 80 g/m², espessura 205), o qual permitiu reter a fração não solubilizada de suplemento, porém lixiviada pelo dreno. Ambos, água e suplemento não solubilizado e lixiviado tiveram seu volume e massa quantificados, respectivamente, e amostrados para posteriores análises laboratoriais.

Para a determinação da massa do suplemento retido no filtro, este foi pesado, seco em estufa de esterilização (105°C, 24 h) e então calcinado em mufla para descontar o peso do filtro da massa total. Já para a água, esta foi alojada em frascos plásticos de 50 ml e mantida em freezer a -20°C até as análises. Os teores de Ca, P e Na na massa retida nos filtros e na água foram determinados pela técnica de espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP- OES). As leituras foram realizadas em triplicata em espectrofotômetro de emissão atômica com plasma por microndas (Agilent 4100 MP-AES, Agilent Technologies), com a devida calibração.

A partir da determinação das concentrações de Ca, P e Na na água e da massa de suplemento retida nos filtros, as quantidades lixiviadas de carbonato de cálcio, cloreto de sódio e fosfato bicálcico foram estimadas, sendo aqui chamadas de componentes majoritários. Para isso, foram adotadas as seguintes premissas: 1) Concentração de elementos nos ingredientes: fosfato bicálcico = 18,53% P, 24,12% Ca; cloreto de sódio = 39,55% Na; carbonato de cálcio = 37,41% Ca; 2) todo o P determinado era oriundo de fosfato bicálcico.; 3) todo Ca lixiviado era oriundo ou de carbonato de cálcio e ou de fosfato bicálcico e 4) todo o Na determinado era oriundo de cloreto de sódio.

A sequência de cálculos para a estimativa foi: 1) multiplicação do volume de água pelas concentrações dos elementos, para conhecimento da massa lixiviada de cada um e solubilizada em água; 2) multiplicação da massa retida em filtro pela concentração dos elementos, para conhecimento da massa lixiviada de cada um e retida em filtro; 3) soma da massa de cada elemento lixiviada, retida no filtro ou solubilizada em água; 4) determinação da quantidade de fosfato bicálcico lixiviado pela divisão da massa lixiviada de P por 0,1853 (concentração de P no fosfato bicálcico); 5) Determinação da massa de Ca lixiviada, oriunda de fosfato bicálcico, por meio da multiplicação da massa de fosfato bicálcico lixiviada, por sua concentração de Ca (24,12%); 6) Estimativa da massa de Ca oriunda de carbonato de cálcio pela subtração da massa total de Ca, pela massa estimada oriunda de fosfato bicálcico; 7) Estimativa da massa de carbonato de cálcio pela divisão da massa de Ca oriunda desta fonte por 0,3741 (concentração de Ca no carbonato de cálcio); e 8) Estimativa da massa de cloreto de sódio lixiviada pela divisão da massa lixiviada de Na por 0,3955 (concentração de Na no cloreto de sódio).

Para fins deste estudo, as estimativas das massas lixiviadas das fontes dos elementos Mg, S, Cu, Co, Zn, Se, e Mn foram agrupadas e chamadas de componentes minoritários. A massa de componentes minoritários foi calculada como a diferença percentual da soma das massas de cloreto de sódio, fosfato bicálcico e carbonato de cálcio e a massa total lixiviada e retida no filtro. Considerou-se que a massa solubilizada em água e a massa retida em filtro tinham a mesma proporção de componentes minoritários e majoritários.

Foram considerados apenas períodos com registros válidos de precipitação, volume de água lixiviado, massa de suplemento lixiviada e de concentrações dos elementos minerais na massa e na água lixiviada (9 períodos, n=49). Foram calculados a média, desvio-padrão, máximo e mínimo para o nível de precipitação (mm), o volume de água escoado (ml/dia), a massa de suplemento lixiviada e retida em filtro (g/dia), a massa total

lixiviada (g/dia) e a participação de cloreto de sódio, carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, componentes majoritários e componentes minoritários na massa lixiviada (%).

5.2.2. Determinação do efeito da precipitação (mm/período) sobre o teor de sódio (g/kg) nas sobras de suplementos minerais

Foram analisadas as relações do nível de precipitação e da quantidade de dias de chuva no período com o teor de sódio nas sobras de suplementos minerais, a partir dos dados obtidos nos experimentos 1, 2, 5, 6 e 7. Os dados foram submetidos ao procedimento Mixed do SAS, onde foram testados modelos lineares e quadráticos, tendo o teor de sódio (g/kg) nas sobras como variável dependente e precipitação (mm/período) ou dias de chuva (n) como variáveis independentes. O efeito de experimento foi incluído no modelo como variável aleatória e a opção Solution foi utilizada para gerar as estimativas dos parâmetros dos modelos gerados. Os modelos de melhores ajustes foram considerados os de maior coeficiente de determinação (R^2).

5.2.3. Determinação do efeito do nível de sódio de suplementos minerais (g/kg) sobre seu desaparecimento (g/dia)

Os experimentos 3 e 4 foram conduzidos para avaliar os efeitos do nível de sódio de suplementos minerais sobre seu desaparecimento, conforme Tabela 1. Os tratamentos avaliados consistiram de suplementos minerais contendo diferentes níveis de sódio, quais sejam: 35 g Na/kg; 70 g Na/kg; 105 g Na/kg e 140 g Na/kg. Os animais experimentais foram pesados ao início e fim do período experimental, após jejum de sólidos de 16 horas, para determinação do peso corporal médio no período. O ganho médio diário foi calculado como a diferença do PC final e do PC inicial, dividido pelo número de dias de cada experimento. Ao final, o desaparecimento foi calculado em gramas por animal dia e em gramas por quilograma de PC por dia (g/kg PC).

Os dados de desaparecimento de suplemento foram submetidos a análise de máxima verossimilhança restrita, utilizando-se um modelo misto com medidas repetidas no tempo (período), avaliando os níveis de sódio, do tempo e a respectiva interação. Os dados de desaparecimento em g/kg PC peso inicial e final e ganho de peso foram submetidos a análise de variância para um delineamento em blocos ao acaso, avaliando o efeito do nível de sódio no suplemento mineral e incluindo o grupo genético e sexo como blocos. Análise de regressão linear, testando os termos linear e quadrático, foi realizada entre os níveis de

sódio no suplemento e o desaparecimento. Os efeitos foram considerados significantes a um nível de significância de 5%.

5.2.4. Estimativa do atendimento de exigências de Na, em função do consumo estimado de forragem e do desaparecimento de suplemento

O consumo de matéria seca de forragem (CMSFor) e de sódio de forragem (CNaFor) foi estimado para os experimentos 3 e 4. Para a estimativa de CMSFor, foi utilizada a equação de consumo de matéria seca de zebuínos suplementados a pasto, recomendada por Valadares Filho et al., (2016), $CMS (kg/dia) = -1,912 + 0,900 \times CMSs + 0,094 \times PC^{0,75} + 1,070 \times GMD - 1,395 \times GMD^2$, em que CMSs, é o consumo de suplemento, em kg/dia; $PC^{0,75}$, o peso corporal metabólico, em kg e; GMD, o ganho de peso médio diário, em kg/dia. Como CMSs, foram considerados os valores de desaparecimento de suplemento mineral, nos respectivos experimentos (Tabela 3).

Após a estimativa do CMSFor, este foi multiplicado pelo teor médio de Na na forragem, determinada a partir de amostras de folha, obtidas nos experimentos 2 e 6, realizados na mesma área experimental (n=104, média = 0,38 g/kg, máximo = 1,01 g/kg, mínimo = 0,11 g/kg e desvio-padrão = 0,19 g/kg), para a estimativa do CNaFor. Deve-se destacar que, no período de realização dos experimentos 2, 3, 4 e 6, a área experimental não recebeu nenhum tipo de adubação. Após a estimativa do CNaFor, a este foi somado o consumo de Na via suplemento, para então se determinar o consumo diário de Na.

Estimativas de exigências dietéticas de sódio foram realizadas a partir das recomendações de três sistemas de alimentação para animais em crescimento: NRC Bovinos de Corte (NRC, 2000), NRC Bovinos de Leite (NRC, 2001) e BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2016). Para isso, foram utilizadas as equações descritas abaixo:

NRC (2000) Bovinos de Corte:

Exigência dietética (Ediet, g Na/animal/dia) = $0,0008 \times CMS (kg/dia) / 0,91$ (Coeficiente de retenção) (eq. 1)

NRC (2001) Bovinos de Leite:

Exigência líquida de manutenção (Elm, g Na/animal/dia) = $0,016 \times PC (kg)$ (eq. 2)

Exigência líquida de ganho de (Elg, g Na/animal/dia) = $1,4 \times GPCVz (kg/dia)$ (eq. 3)

Exigência dietética (Ediet, g Na/animal/dia) = (Elm + Elg) / 0,90 (Coeficiente de retenção) (eq. 4)

BR-CORTE, Valadares Filho et al. (2016):

Exigência líquida de manutenção (Elm, g Na/animal/dia) = 0,0063 x PC (kg) (eq. 5)

Exigência líquida de ganho de (Elg, g Na/animal/dia) = GPCVz (kg/dia) x 1,977 x PCVz^{-0,058} (kg) (eq. 6)

Exigência dietética (Ediet, g Na/animal/dia) = (Elm + Elg) / 0,371 (Coeficiente de retenção) (eq. 7)

PCVz = 0,7248 * Peso corporal em jejum^{1,0314}

GPCVz = 0,9630 * GMD^{1,0151}

Os dados de consumo estimado de Na e exigências estimadas de Na, nos diferentes sistemas de alimentação, foram submetidos a análise de máxima verossimilhança restrita, utilizando-se um modelo misto, tendo como variável dependente a quantidade de Na em g/animal/dia e variáveis independentes a medida realizada (consumo, exigência pelo NRC(2000), exigência pelo NRC (2001) ou exigência por Valadares et al. (2016)) e o tratamento aplicado aos experimentos 3 e 4 (níveis de sódio no suplemento fornecido), assim como a interação entre as variáveis independentes. O efeito de experimento foi inserido no modelo como variável aleatória. As médias foram comparadas utilizando o teste Tukey-Kramer. Os efeitos foram considerados significantes a um nível de significância de 5%.

5.2.5. Estimativa das perdas de suplemento por lixiviação pelo método do cocho de exclusão

Nos experimentos 6 e 7, foi proposta uma metodologia para estimar perdas de suplemento e corrigir as medidas de desaparecimento para maior semelhança à ingestão real de suplementos por bovinos. Para esta metodologia, um cocho adicional, de igual configuração ao cocho que permitiu acesso ao suplemento (cocho de consumo), foi disponibilizado em cada piquete, durante todo o período experimental. Estes cochos foram chamados de cocho de exclusão e receberam a mesma quantidade de suplemento que os cochos de consumo. No entanto, o cocho de exclusão recebeu uma tela de aço em sua superfície (100 cm² de vão e espessura de 4,2 mm), impedindo o acesso dos animais ao

suplemento, ao mesmo tempo que era normalmente exposto ao ambiente, sendo sujeito a perdas (Figura 1).



Figura 1 – Esquema da disposição do cocho de consumo e do cocho de exclusão.

O cocho de exclusão é um aparato utilizado para estimar perdas de suplemento para o ambiente. No cocho de exclusão, uma tela metálica impede o alcance do suplemento pelos bovinos. Abaixo de cada cocho, um reservatório interligado por um tubo armazenou a água drenada e o suplemento lixiviado.

O desaparecimento de suplemento (fornecido menos sobras) foi medido em ambos os cochos, em cada período, sendo então possível calcular as perdas em relação à medida de desaparecimento do cocho de consumo. O desaparecimento de suplemento do cocho de exclusão foi calculado em gramas por animal dia, para proporcionar comparação com as medidas do cocho de consumo. Esta medida refletiria a porcentagem de suplemento que poderia estar sendo inadequadamente computada como ingestão pelos animais.

5.2.6. Ajuste do consumo estimado de Na para a redução do seu teor no suplemento e para as perdas de suplemento por lixiviação medidas pelo cocho de exclusão

Os consumos de Na nos experimentos 3 e 4 foram ainda estimados a partir de abordagens de ajuste para considerar a redução no teor de Na no suplemento pelas chuvas ajustadas e considerar a fração do suplemento desaparecido por lixiviação. Na primeira

abordagem, foi calculado um coeficiente de ajuste, aqui chamado de coeficiente de ajuste para perdas de sódio (CAPNa), a partir dos dados de teor de sódio dos suplementos fornecidos e das suas sobras, nos experimentos 1, 2, 5 e 6. A média entre a porcentagem de sódio no suplemento fornecido e nas sobras foi calculada e dividida pelo valor de sódio do suplemento fornecido. Cada combinação de piquete e período gerou uma informação de CAPNa. A média dos valores de CAPNa foi calculada e então utilizada para ajustar os níveis de sódio previstos nos experimentos 3 e 4, como segue: Teor ajustado de Na nos suplementos dos Experimento 3 e 4 (%) = (Teor de Na original do suplemento nos experimentos 3 e 4 (%) x CAPNa)/Teor de Na original nos suplementos dos experimentos 3 e 4 (%).

Na segunda abordagem, foi calculado um coeficiente de ajuste, aqui chamado de coeficiente de ajuste de perdas de suplemento (CAPSupl). O CAPSupl foi calculado a partir da diferença entre o desaparecimento medido no cocho de exclusão, considerado como perdas por lixiviação, e utilizado para ajustar o desaparecimento nos experimentos 3 e 4 como a seguir: Desaparecimento ajustado (g/animal/dia) = desaparecimento (g/animal/dia, nos Exp. 3 e 4) x CAPSupl/100.

5.2.7. Definição do nível crítico de Na em suplementos minerais, considerando diferentes abordagens para estimativa do consumo de Na

O nível crítico de Na em suplementos minerais foi definido com o nível no qual a ingestão de Na não atende às exigências nutricionais do elemento, considerando os experimentos 3 e 4. Além dos valores de nível crítico de Na no suplemento mineral, estimados pela comparação do consumo estimado de Na e as exigências do elemento, novos valores de nível crítico de Na também foram estimados, considerando as perdas esperadas no teor de Na, a partir da solubilização pelas chuvas, e a fração do desaparecimento de suplemento que é lixiviada pelas chuvas, conforme mensurado pelo cocho de exclusão. Para isso, os valores de consumo utilizados foram aqueles ajustados pelos coeficientes de ajuste estimados anteriormente.

6. RESULTADOS

6.1. Participação do NaCl na massa lixiviada pelas chuvas

Na Tabela 3, são apresentados os resultados de média, máximo, mínimo e desvio-padrão de precipitação, volume de água escoado, massa de suplemento retirada no filtro, massa total lixiviada e da estimativa da composição da massa lixiviada.

Tabela 3 - Estimativas de perdas de elementos e fontes de minerais por lixiviação pela chuva

Item	média	máximo	mínimo	desvio-padrão
Precipitação, mm	66,1	154,0	1,0	56,6
Volume escoado, ml/dia	279,8	1457,1	8,6	402,3
Massa retida em filtro, g/dia	33,2	157,4	0,5	41,9
Massa total lixiviada, g/dia	45,9	197,9	0,9	54,3
Cloreto de sódio na massa lixiviada, %	28,0	93,1	2,3	29,4
Carbonato de cálcio na massa lixiviada, %	14,0	28,4	1,7	7,8
Fosfato bicálcico na massa lixiviada, %	47,4	75,5	2,5	22,4
Componentes majoritários, %	89,4	97,7	82,0	4,4
Componentes minoritários, %	10,6	18,0	2,3	4,4

A média de precipitação, por período, dos estudos avaliados foi de 66,1 mm, variando de 1 a 154 mm, com coeficiente de variação de 86%. O volume de água escoado do cocho, a massa retida no filtro e a massa total lixiviada tiveram variações maiores, de 105 a 144%. A massa retida no filtro foi de 33,2 g/dia e a massa total lixiviada foi de 45,9 g/dia, a massa retida no filtro significou 72% da massa total, sendo 28% da massa lixiviada o cloreto de sódio, 14% carbonato de cálcio e 47,4% o fosfato bicálcico. Os componentes majoritários (cloreto de sódio, carbonato de cálcio e fosfato bicálcico) compuseram 89,4% do total da massa lixiviada. Dentre os componentes majoritários, as perdas de cloreto de sódio foram as que mais variaram, com coeficiente de variação de 105%, comparado a 55,7% para carbonato de cálcio e 47,3% para o fosfato bicálcico.

6.2. Efeito da precipitação pluviométrica sobre o teor de sódio em suplementos minerais

A Figura 2 apresenta a relação entre precipitação pluviométrica e o teor de sódio nas sobras de suplementos minerais. Foi observado um comportamento quadrático para a relação precipitação vs teor de sódio que, apesar de significativa ($P < 0,05$), pode ser considerada fraca, com coeficiente de determinação de 0,1393.

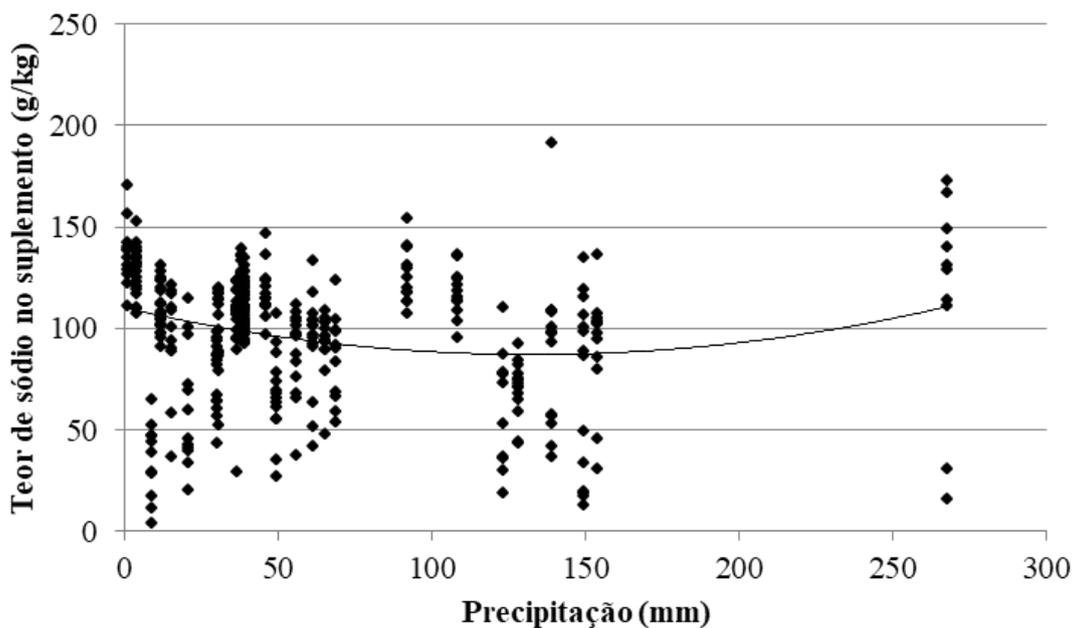


Figura 2 - Relação entre precipitação e teor de sódio nas sobras de suplementos minerais
 $\text{Na (g/kg)} = 105,15 (6,2147) - 0,2015 (0,07893) \times \text{Precipitação (mm)} + 0,000764 (0,000338) \times \text{Precipitação}^2 \text{ (mm)}$ ($R^2 = 0,1393$, $P < 0,05$).

Ao se avaliar a relação da precipitação com dias de chuva (Figura 3), também se observou um comportamento quadrático ($P < 0,05$), com um coeficiente de determinação de 0,2250, maior que o encontrado para a relação anterior.

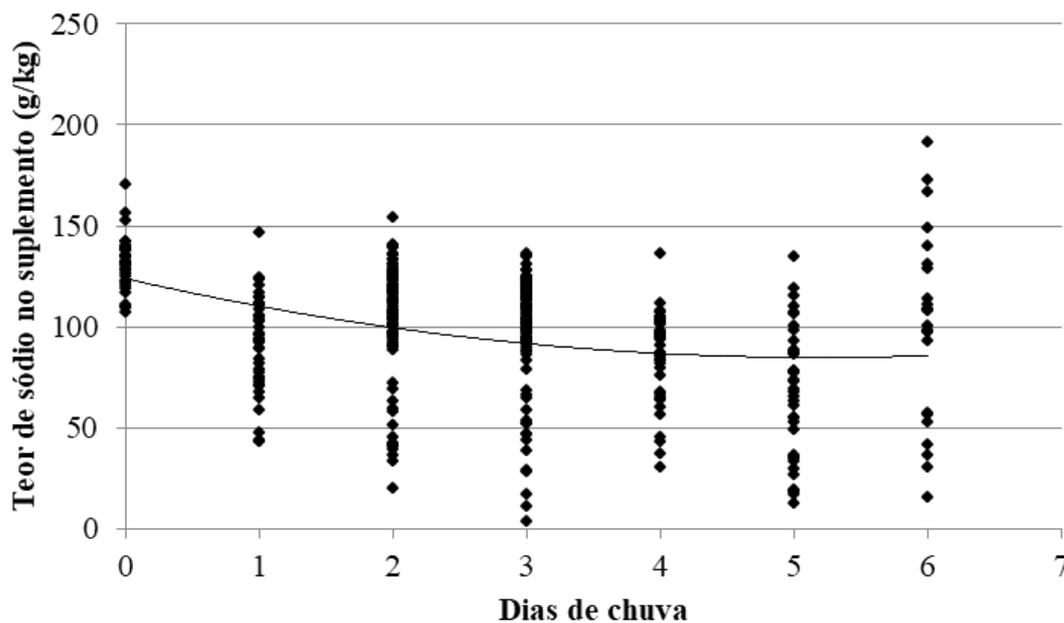


Figura 3 - Relação entre dias de chuva e teor de sódio nas sobras de suplementos minerais ($\text{Na (g/kg)} = 121,22 (6,8260) - 11,5980 (3,2501) \text{ DC (dias)} + 0,9252 (0,5660) \text{ DC}^2 \text{ (dias)}$) ($R^2 = 0,2250$, $P < 0,0001$).

Na Figura 4, são apresentados os valores médios de teor de sódio nas sobras de suplementos, em função do número de dias de chuva. Foi observado que o teor de sódio no suplemento mineral diminuiu com apenas um dia de chuva ($P < 0,05$), não havendo diferenças entre 1, 2, 3, 4 e 6 dias de chuva. Com 5 dias de chuva, o teor de sódio apresentou o menor valor.

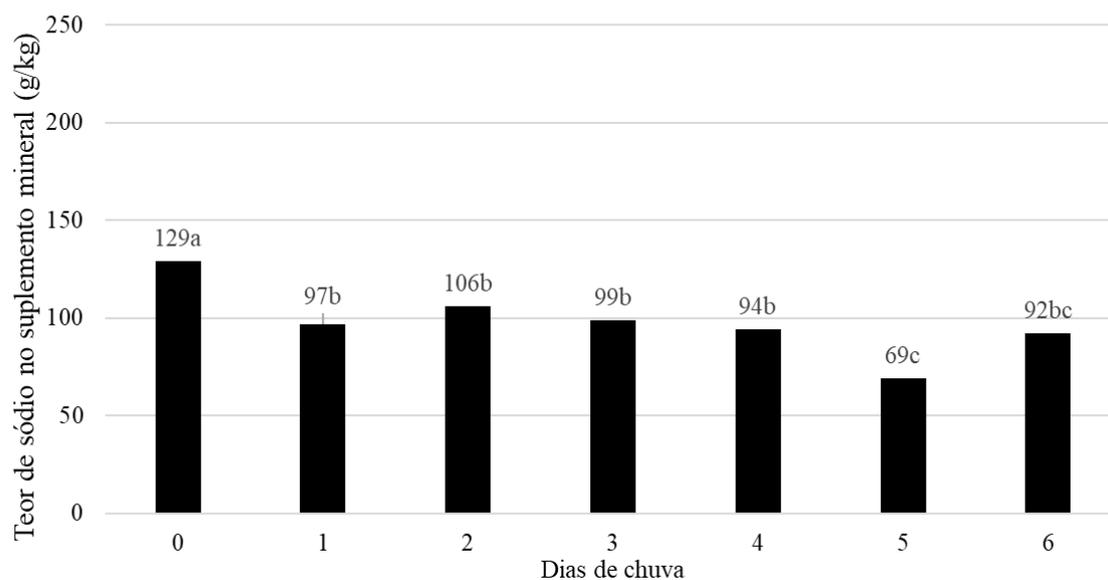


Figura 4 - Diferença de médias entre dias de chuva e teor de sódio nas sobras de suplementos minerais.

6.3. Efeito do nível de sódio de suplementos minerais (g/kg) sobre seu desaparecimento (g/dia)

O efeito do nível de sódio no suplemento sobre o desempenho animal, o desaparecimento de suplemento mineral e o desaparecimento de sódio, são apresentados na Tabela 4. Não houve diferença estatística para peso corporal inicial e final no experimento 3 e 4 e ganho médio diário no experimento 3 ($P > 0,05$), porém houve uma tendência para diferença no ganho de peso médio diário no experimento 3 ($P = 0,0584$).

Tabela 4 – Desempenho animal e desaparecimento de suplemento e de sódio de suplementos minerais, em função de diferentes níveis de sódio no suplemento (Experimentos 3 e 4).

Item	Nível de Na no suplemento (g/kg)				EPM	P>F
	35	70	105	140		
Exp. 3						
PC inicial, kg	232,8	235,3	235,9	237,9	3,93	0,9647
PC final, kg	236,1	244,6	249,9	251,4	4,18	0,5636
Ganho médio diário, kg/dia	0,036	0,094	0,142	0,138	0,02	0,0584

Desaparecimento de suplemento						
g/dia	68,51 a	57,39 ab	48,96 b	43,07 b	2,49	0,0005
g/kg PC/dia	0,29 a	0,23 ab	0,19 b	0,17 b	0,01	<0,0001
Desaparecimento de sódio						
g/dia	2,39 c	4,01 b	5,14 ab	6,03 a	0,26	<0,0001
g/kg/dia	0,010 a	0,016 b	0,020 bc	0,023 c	0,001	<0,0001
Exp. 4						
PC inicial, kg	254,4	251,9	253,4	252,9	4,27	1,00
PC final, kg	304,8	296,2	305,0	302,9	4,45	0,90
Ganho médio diário, kg/dia	0,511	0,456	0,519	0,498	0,016	0,56
Desaparecimento de suplemento						
g/dia	87,6	80,3	73,1	80,6	3,39	0,23
g/kg PC/dia	0,31	0,29	0,28	0,29	0,012	0,77
Desaparecimento de sódio						
g/dia	3,07d	5,62c	7,74b	11,3a	0,48	<0,001
g/kg/dia	0,011d	0,020c	0,030b	0,041a	0,002	<0,0001

Para desaparecimento de suplemento em g/dia, houve diferença estatística em função dos níveis de sódio na mistura mineral, no experimento 3 ($P < 0,05$) e não houve diferença no experimento 4 ($P > 0,05$). O nível de 35 g de sódio por kg de suplemento mineral foi o tratamento com maior desaparecimento, se diferenciando do tratamento 105 e 140 g/kg, porém se igualando ao tratamento de 70 g de sódio por kg de suplemento. O tratamento de 105 e 140 se comparou ao tratamento de 70 g, porém se diferenciou do tratamento de 35 g no experimento 3. Para o desaparecimento de sódio, houve diferença significativa nos experimentos 3 e 4 ($P < 0,001$). Em ambos, o desaparecimento diminuiu à medida que o teor de sódio diminuiu no suplemento.

6.4. Atendimento de exigências de Na, em função do consumo estimado de forragem e do desaparecimento de suplemento

O sódio apresentou valores de 0,38 g/kg de média, com máxima de 1,01 e mínima de 0,11. O consumo e exigência de sódio estimados para os experimentos 3 e 4 estão apresentados na Figura 5 as estimativas foram feitas de acordo com o NRC (2000), o NRC (2001) e Valadares Filho et al. (2016). Para os tratamentos 140 e 105g Na/kg, o consumo

foi maior que as exigências, praticamente, em todos os períodos. Já para os tratamentos 70g e 35g Na/kg, observa-se uma sobreposição entre consumo e exigência estimados.

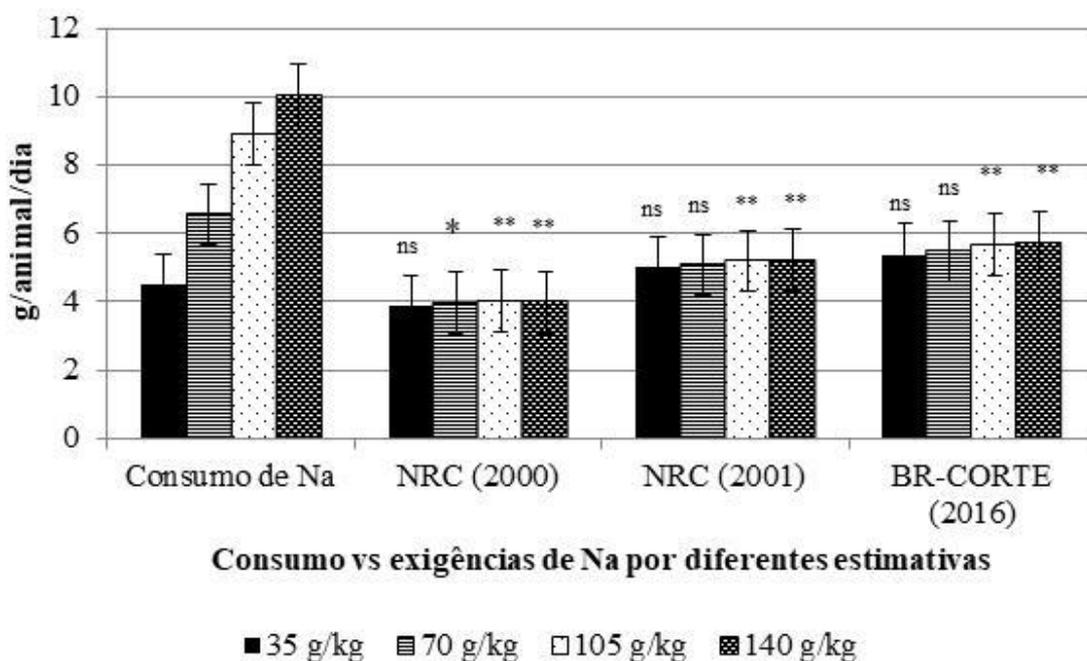


Figura 5 - Consumo e exigência em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral. Cada média de exigência foi comparada com o respectivo consumo de Na. ns = não significativo em comparação ao consumo; * = $p < 0,001$ e ** $p < 0,0001$.

6.5. Perdas de suplemento por lixiviação pelo método do cocho de exclusão

Os valores médios, mínimos, máximos e de desvio-padrão para o desaparecimento de suplemento medido no cocho de consumo e no cocho de exclusão, assim como o teor de Na do suplemento fornecido e nas sobras são apresentados na Tabela 5. A média de desaparecimento medido no cocho de consumo foi de 72,47 g/dia, variando de 14,89 a 161,28 g/dia. Já no cocho de exclusão, o desaparecimento médio foi de 16,8 g/dia, variando de 1,05 a 40,78 g/dia. A diferença média do valor de desaparecimento entre cocho de consumo e cocho de exclusão foi de 25,5%, variando de 1,71 a 67,71 g/dia. Considerando a diferença apontada, foi estimado um coeficiente de ajuste para perdas de suplemento de 74,5%. O teor médio de sódio encontrado no suplemento mineral fornecido foi de 133,64 g por kg de suplemento. Já o teor encontrado nas sobras foi de 105,05 g de sódio por kg de suplemento mineral, médias referentes a 472 observações.

Tabela 5 - Estatística descritiva de dados utilizados para cálculo dos coeficientes de ajuste para perdas de suplemento (CAPSupl) e para redução no teor de Na por solubilização (CAPNa).

Item	n	média	max	min	DP
Cocho de consumo, g/dia	180	72,47	161,28	14,89	30,81
Cocho de exclusão, g/dia	180	16,80	40,78	1,05	8,89
Perdas, %	180	25,50	67,71	1,71	14,37
CAPsupl	180	74,50	98,29	32,29	14,37
Teor de Na, suplemento fornecido, g/kg	472	133,64	165,25	103,41	12,82
Teor de Na, sobras, g/kg	472	105,05	172,87	25,28	26,92
CAPNa	472	89,79	114,63	58,40	10,98

6.6. Consumo estimado de Na e níveis críticos para atendimento de exigências

A Figura 6 representa os valores do balanço de sódio obtidos no experimento 3 e 4. O eixo x apresenta os níveis de sódio no suplemento mineral e a diferença entre o consumo e a exigência estimada de sódio, em g/animal/dia. Observações cuja interseção no eixo y representam valores abaixo de zero, se referem a unidades experimentais que não tiveram sua exigência de sódio atendida. Observou-se que, para o tratamento 35 g Na/kg, a maior parte das unidades experimentais não tiveram suas exigências atendidas, principalmente quando foram estimadas de acordo com Valadares Filho et al. (2016) e o NRC (2001).

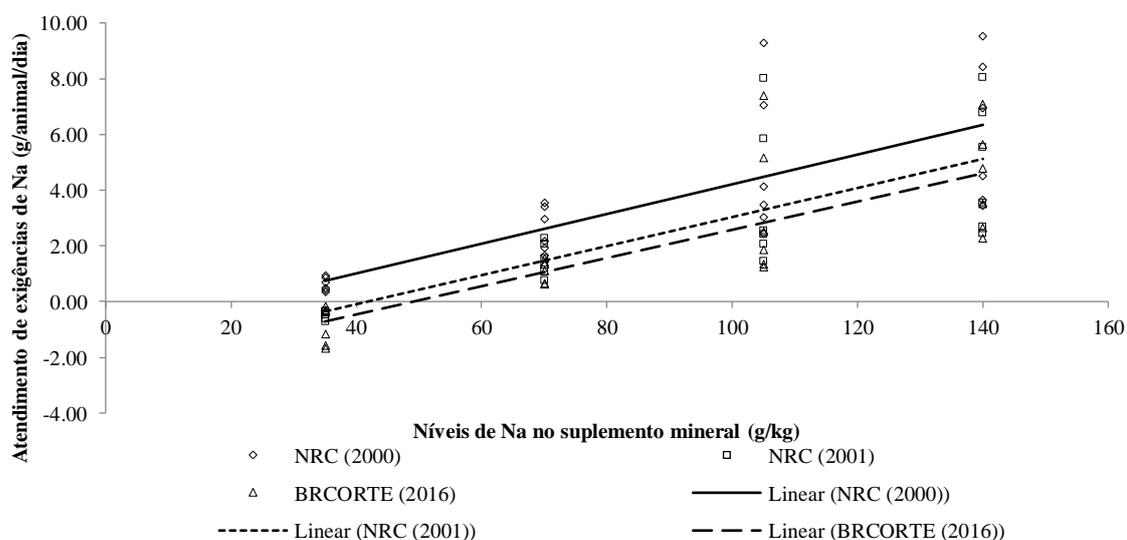


Figura 6 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral.

A partir da estimativa de perdas de suplementos pelo cocho de exclusão, em relação ao desaparecimento pelo cocho de consumo, e da redução no teor de Na do suplemento, foram calculados coeficiente de ajustes do consumo de Na (CAPSupl e CAPNa). Com isso, foram atualizados os níveis críticos de sódio em g por kg de suplemento mineral. O balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral, a partir do ajuste utilizando o CAPSupl, CAPNa e CAPSupl+CAPNa, são apresentados nas figuras 7, 8 e 9, respectivamente. Foram encontradas observações de balanço negativo de sódio para o tratamento 35 g Na/kg quando se utilizou o CAPSupl e o CAPNa. Quando se ajustou as estimativas de consumo considerando CAPSupl+CAPNa, houve observações de balanço negativo para os tratamentos 35 e 70 g Na/kg, principalmente quando as exigências foram estimadas a partir do NRC (2001) e de Valadares Filho et al. (2016).

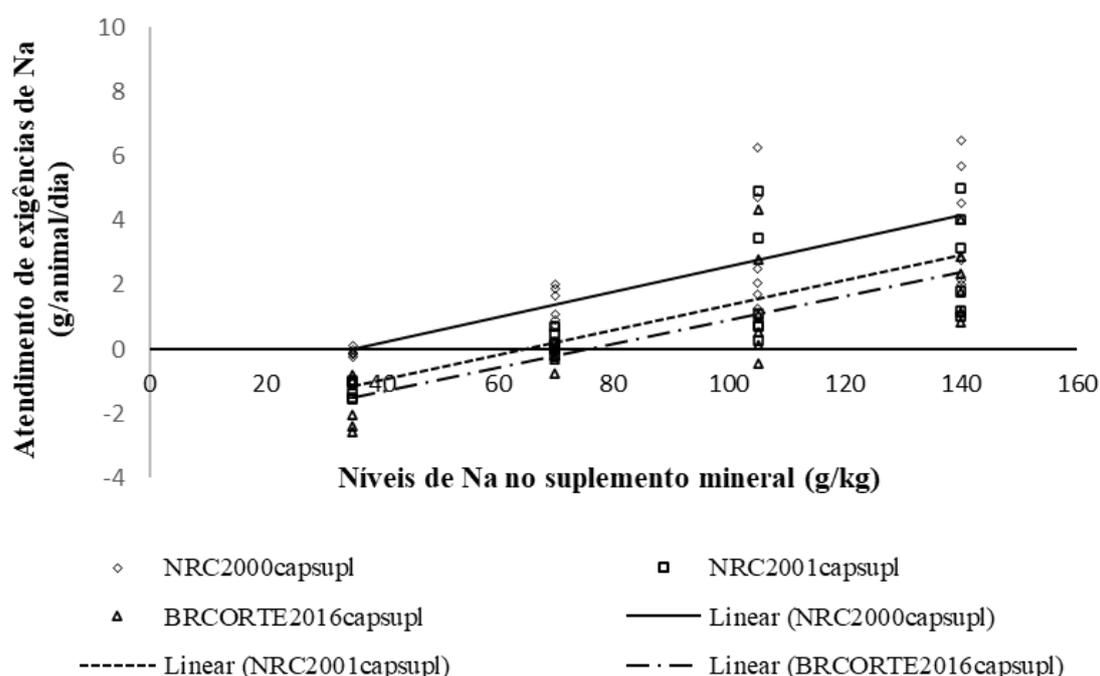


Figura 7 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral com a utilização do coeficiente CAPSupl (ajuste para perdas de suplemento por lixiviação).

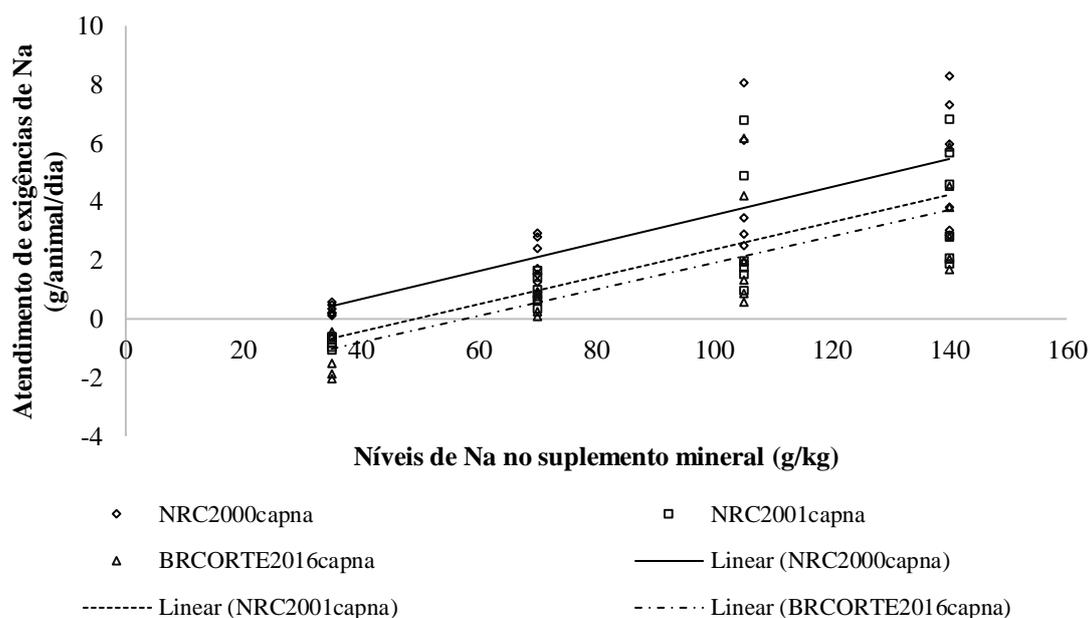


Figura 8 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral com a utilização do coeficiente CAPNa (ajustes para redução no teor de Na por solubilização).

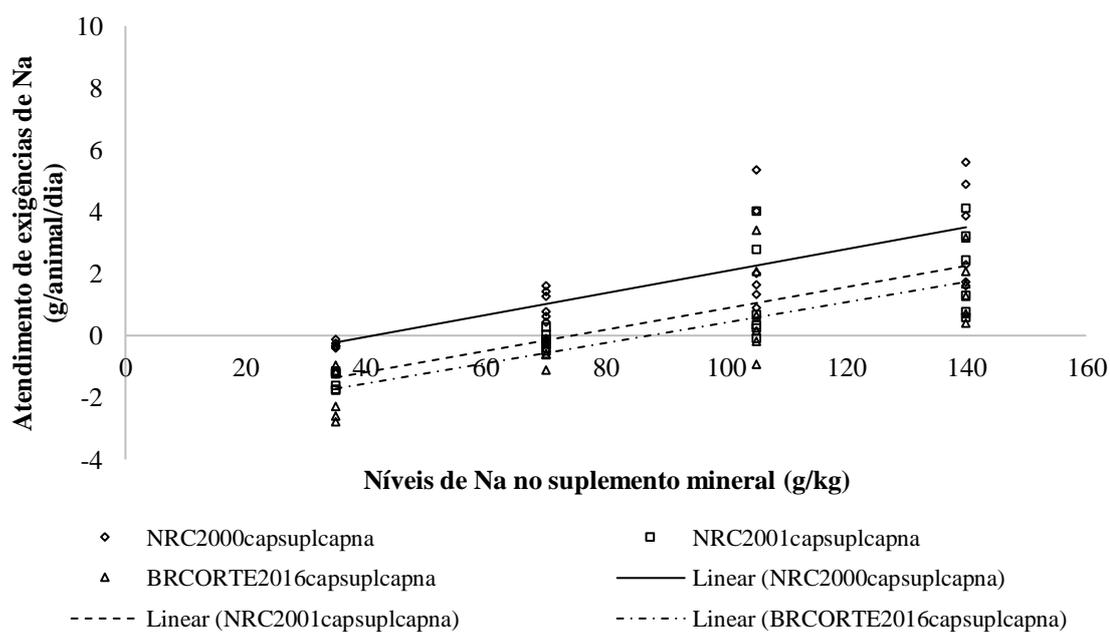


Figura 9 - Balanço e atendimento das exigências em diferentes níveis de sódio no suplemento mineral com a utilização do coeficiente CAPSupl e CAPNa.

Na tabela 6, são apresentados os valores estimados para nível crítico de sódio (g/kg) e de % de observações abaixo do nível crítico de acordo, com os métodos de exigências e métodos de ajuste. O nível crítico variou de acordo com cada método de exigência, variando de 21,1 (NRC, 2000) e a 49,3 (Valadares Filho et al., 2016), quando não foi

empregado algum método de ajuste de consumo de Na. Os coeficientes para ajustar o nível crítico de acordo com as perdas quantificadas pelo uso da metodologia do cocho de exclusão apontou valores que pode chegar a um nível crítico de 87,3 g de sódio por kg de suplemento mineral, de acordo com o método de exigência do BR-CORTE (Valadares et al., 2016). Neste caso, 27,5% dos períodos avaliados apresentaram níveis de sódio nas sobras abaixo do nível crítico para atender as exigências do mineral.

Tabela 6 – Nível crítico de sódio (g/kg) e % de observações abaixo do nível crítico de acordo com os métodos de exigências e métodos de ajuste.

Método para exigência	Método de ajuste	Nível crítico (g/kg)	Períodos com teor de Na abaixo do nível crítico (%) (n=378)
NRC (2000)	Não ajustado	21,1	2,6
NRC (2001)	Não ajustado	41,9	7,9
BR-CORTE (2016)	Não ajustado	49,3	10,8
NRC (2000)	CAPSupl	34,9	5,0
NRC (2001)	CAPSupl	64,4	16,4
BR-CORTE (2016)	CAPSupl	75,3	21,4
NRC (2000)	CAPNa	25,9	2,6
NRC (2001)	CAPNa	63,4	15,9
BR-CORTE (2016)	CAPNa	57,6	13,8
NRC (2000)	CAPSupl + CAPNa	41,5	7,7
NRC (2001)	CAPSupl + CAPNa	74,4	21,2
BR-CORTE (2016)	CAPSupl + CAPNa	87,3	27,5

CAPSupl – Coeficiente de ajuste para perdas de suplemento, CAPNa – coeficiente de ajuste para perdas de sódio.

7. DISCUSSÃO

Em estudo prévio, publicado a partir dos resultados dos experimentos 1 a 3 (Silva et al., 2023), foi observado que o teor de Na encontrado nas sobras de suplemento mineral exposto às chuvas foi menor que o teor inicial do suplemento fornecido, com diferenças

variando de -22,3% a -38,8%, e média de -29,0%. Os teores de P e Ca foram alterados em +5,5% e +15,2%, respectivamente, tendo aumentado sua concentração, provavelmente, como reflexo das perdas significativas de NaCl. Tal observação, levou à hipótese que o NaCl seria o ingrediente de maior perda em suplementos minerais expostos à chuva e que entender a dinâmica das perdas dos elementos pela chuva poderia auxiliar a encontrar soluções para aumentar a eficiência da suplementação mineral, principalmente em regiões sujeitas a perdas por precipitação pluviométrica.

Contudo, a hipótese de que o NaCl seria o componente de maior perda não se provou no presente estudo, uma vez que o fosfato bicálcico foi estimado com a maior participação na massa lixiviada. Estes achados corroboram o fato de o fosfato bicálcico ter sido a fonte de maior proporção na fórmula fornecida, porém não eram esperados pelo fato de ser uma fonte não totalmente solúvel em água (Sullivan et al.; 1992; Jamroz et al. (2013). Tais resultados podem demonstrar que as perdas por arraste físico do suplemento pela drenagem do cocho pode ser tão ou mais importante da solubilização, como forma de perda. Perdas de fósforo, tais como a analisada neste estudo, representam um importante custo não só econômico, mas também ambiental, uma vez que a maioria das fontes de fósforo é derivada de rocha, sendo caras e também não sustentáveis, pois trata-se de fontes finitas (Woyego et al., 2022). Neste sentido, o presente estudo coloca em evidência a necessidade de se avaliar estratégias que reduzam as perdas de fósforo em suplementos minerais, já que seu uso é essencial, principalmente em regimes de significativa carência do elemento. Uma possibilidade seria definir novos métodos de drenagem do cocho, com intuito de evitar perdas pelo arraste, já que a lixiviação, como já discutido, pode não estar ocorrendo apenas por solubilização. Outra possibilidade seria a modificação física do suplemento, de forma que dificulte o arraste pela drenagem, tal como ocorre em suplementos em blocos (Simanungkalit et al., 2021) ou aglomerados (Silva et al., 2023).

Quando se considerou a média de todos os períodos com chuva, a diferença no teor de sódio nas sobras em relação à formulação original da mistura mineral foi de 28%, o que se assemelha à solubilidade apontada por Alves Junior et al. (2021) de 26,3% e à redução de 29% no teor de Na apontado por Silva et al. (2023). O NaCl foi o segundo ingrediente mais utilizado na mistura mineral e também o segundo mais encontrado na massa lixiviada e, considerando que o NaCl é um ingrediente solúvel em água, esperava-se uma relação linear negativa entre o nível de precipitação e o teor de sódio nas sobras de suplementos minerais expostos à chuva, o que não aconteceu, visto o baixo coeficiente de determinação encontrado ($R^2 = 0,0531$). É possível que a avaliação do teor de sódio do suplemento

apenas ao final de cada período de 14 ou 21 dias, e não a cada evento de precipitação, ou mesmo o alto coeficiente de variação encontrado para precipitação (86%), possa explicar a fraca relação entre as variáveis.

Apesar da fraca relação entre nível de precipitação e teor de sódio no suplemento, chama atenção o comportamento desta última variável em relação aos dias de precipitação. A quantidade de dias com precipitação igual ou maior que 5 mm (Honer, 1993) foi capaz de explicar uma porção maior da variação nos dados de teor de sódio, com coeficiente de determinação de $R^2 = 0,2203$. Tais observações demonstram que a quantidade de eventos de chuvas incidindo sobre a massa de suplemento parece ser uma variável mais importante do que o próprio volume precipitado, propriamente dito, para a lixiviação do sódio no suplemento mineral exposto ao ambiente e que, um dia de precipitação apenas foi suficiente para reduzir o teor de Na no suplemento mineral, sem alterações significativas do segundo dia em diante, como demonstrado na Figura 4. Tal observação leva a acreditar que perdas significativas de sódio no suplemento mineral podem ocorrer até mesmo em condições de precipitação irregular.

Apesar do NaCl não ter sido o componente que sofreu a maior redução em sua participação no suplemento mineral, sua relevância se estende ao fato de ser o ingrediente que poderia afetar diretamente o consumo pelos bovinos (Suttle, 2010) e ser um elemento deficiente em pastagens, como já historicamente reconhecido (Sousa et al., 1987; Wallisdevries, 1996, Senger et al., 1997). Os resultados do experimento 3 demonstraram que a redução no teor de NaCl do suplemento leva a um aumento no desaparecimento, o que sugere aumento no consumo de suplemento pelos bovinos. No experimento 4, não foi observado diferenças entre os tratamentos para desaparecimento, não sendo possível associar a redução do NaCl com aumento no consumo, possivelmente pelo experimento ter sido realizado no período chuvoso e o desaparecimento estar incluindo perdas por lixiviação, como é evidenciado pelo aumento em 34% no desaparecimento medido em g/kg de peso corporal.

Considerando-se apenas os resultados do experimento 3, é possível sugerir que os animais modificaram sua ingestão de suplemento na tentativa de se adaptarem à redução no teor de sódio do suplemento e que, portanto, qualquer alteração no teor de NaCl do suplemento, tal como pela solubilização ou lixiviação pela chuva, pode afetar o consumo e, por consequência, o atendimento das exigências de todos os elementos minerais nele contidos. No trabalho de McDowell (1996), são citadas evidências de que os bovinos são capazes de modificarem o consumo de suplemento mineral em razão da presença de sal

presente nos alimentos e na água de beber. No entanto, no caso do presente estudo, é de se destacar o aumento observado no consumo de suplemento não foi suficiente para manter equilibrado o nível de sódio consumido, o que foi evidenciado em ambos os experimentos, pela redução de 0,6 g de Na consumido para cada grama de redução no teor de sódio do suplemento. Tal fato levou a hipótese de haver períodos em que o suplemento mineral disponível, mesmo que corretamente balanceado, pode não ser suficiente para atender as exigências nutricionais de sódio, após ser exposto a um ou mais eventos de precipitação.

Em uma primeira análise, observou-se baixa probabilidade das exigências não serem atendidas a partir dos consumos de Na observados nos experimentos 3 e 4. O teor de sódio teria de ser reduzido para níveis menores que 50 g Na/kg, o que aconteceu em no máximo 10,8% dos 378 períodos avaliados, quando se utilizou as exigências relatadas pelo BR-CORTE (Valadares et al., 2016) e em até 2,6% e 7,9%, quando se utilizou NRC (2000) e NRC (2001) como referências, respectivamente. Neste cenário, considerando-se que não há uma relação linear entre nível de precipitação e a redução no nível de Na do suplemento, pode-se sugerir que o não atendimento das exigências de sódio de bovinos em crescimento, em regime de pastagens, não seria uma preocupação ampla.

No entanto, outro cenário se coloca quando se considera a possibilidade de haver reduções no teor de sódio do suplemento e a necessidade de se descontar as perdas por lixiviação da real ingestão de suplemento pelos animais. Quando o consumo de sódio foi ajustado para ambos, as exigências de sódio podem não ter sido atendidas em até 27,5% dos períodos avaliados. A deficiência de sódio altera as condições da fermentação ruminal (Ruckebusch e Thivend, 1979) e pode reduzir o consumo de alimentos (Forbes, 2007), com possíveis consequências sobre o desempenho animal. Tal fato pode explicar os resultados encontrados no experimento 3, onde notou-se uma tendência para menor ganho de peso em animais recebendo suplemento com menor teor de NaCl em sua composição e expõe uma maior preocupação de deficiência de sódio em condições propícias a alterações na composição de suplemento mineral, quando expostos à chuva.

Estudos na literatura colocam a possibilidade de deficiência de sódio em outras perspectivas dos sistemas de produção de bovinos. Mohamed e Phillips (2003), por exemplo, demonstraram a possibilidade da nutrição da vaca prenhe ser influenciada pelo sódio no desempenho da progênie na sua vida pós-natal. Já Granzin e Gaughan (2002) observaram que a suplementação de NaCl aumentou a produção de leite em vacas, durante períodos quentes e úmidos, mas não em períodos amenos, sugerindo que o estresse térmico, na primeira condição, pode aumentar as demandas de sódio. Isto posto, os

presentes achados chamam a atenção para a maior possibilidade de deficiência de sódio no rebanho de cria, uma vez que as estações de nascimento e reprodução podem ocorrer no período de primavera e verão, período em que as exigências são maiores devido a gestação e a lactação e a precipitação pluviométrica, as médias de temperatura e de umidades são mais elevadas. No estudo de Thiangtum et al. (2016), os autores abordam a possibilidade de deficiências de sódio em vacas em lactação sob condições tropicais, devido a perdas de Na pelo suor sob condição de estresse térmico, o que corrobora com o exposto anteriormente. É necessário ainda considerar o cenário de mudanças climáticas que pode ainda agravar os eventos extremos de precipitação, aumentar a temperatura ambiente e elevar o risco de estresse calórico (Almagro et al., 2017, Marengo et al., 2020, North et al., 2023). Considerando o exposto, o nível mínimo de NaCl no suplemento ofertado e a garantia do consumo de suplemento devem ser devidamente cuidados também para a categoria de cria em condições tropicais.

Neste ponto, o presente estudo contribui com a proposição do conceito de nível crítico de sódio em suplementos minerais para bovinos a pasto, que seria o nível mínimo de sódio no suplemento para garantir o consumo e o atendimento de exigências do elemento, considerando as possibilidades de perdas por precipitação pluviométrica e a necessidade de referências para a parametrização de fórmulas de suplementos minerais. No presente estudo, o nível crítico de Na variou de 21,1 g Na/kg a 87,3 g Na/kg de suplemento, dependendo da referência de exigências nutricionais utilizada e do ajuste para perdas por precipitação considerado. Para as condições em que o estudo foi realizado, considerar as exigências de sódio recomendadas por Valadares et al. (2016) corrobora com a proposta de uma maior excreção de Na urinária em situações de estresse térmico (Sanchez et al., 1992), comuns no ambiente tropical, e que justificaria o menor coeficiente de retenção indicada por aqueles autores (0,371 vs 0,91 recomendado pelo NRC, 2000). Com isso, considerar os valores mais conservadores de nível crítico pode ser recomendado, o que elevaria a cautela sob condições que reduzam o consumo de sódio.

A partir desta abordagem, tentativas de se reduzir o teor de sódio de suplementos de livre consumo para aumentar sua ingestão, assim como de se substituir o cloreto de sódio por outros ingredientes estimuladores de consumo, tais como farelos, melaço e aditivos sensoriais (McDowell, 1996; Dixon et al., 2017, Koester et al., 2023), devem ser cuidadosamente analisados e experimentados em condições de exposição dos suplementos à precipitação pluviométrica, para não se prejudicar o atendimento das exigências de sódio. A consideração da abordagem de nível crítico de sódio em suplementos poderá ainda

suscitar questionamentos sobre os atuais níveis dos elementos em outras categorias de suplemento, principalmente os proteicos e proteico-energéticos, que utilizam não só o NaCl, mas também ureia e aditivos como reguladores do consumo e que podem ter seu uso ampliado, a partir da intensificação das práticas pecuárias (Gomes et al., 2024).

Além disso, com a mudança da concentração dos minerais no suplemento exposto ao ambiente e no seu consumo, o desbalanceamento em minerais da fração ingerida deve ser melhor analisada. Uma vez que a redução de sódio na mistura mineral poderá alterar a concentração de elementos, tais como Ca, P, Mg, Cu e Mn (Silva et al., 2023), aumenta-se a chance de interações antagônicas, expressas como uma inibição mútua da absorção de minerais e que afetam sua biodisponibilidade (Henry e Miles, 2000). Também, a possibilidade de aumento nas concentrações de outros elementos minerais com níveis de tolerância máximos próximos aos da exigência, seria outro risco decorrente do desbalanceamento pelas perdas de NaCl por chuvas (Marçal et al., 2002; 2004; 2005).

Por fim, o presente trabalho apresenta uma contribuição metodológica para o desenvolvimento de estudos de suplementação mineral de bovinos a pasto, em auxílio à realização de estimativas mais acuradas do consumo de suplemento. No presente estudo, a metodologia do cocho de exclusão permitiu estimar perdas de 25,5% do suplemento mineral para o ambiente e, por consequência, ajustar o valor de nível crítico para o teor de sódio no suplemento mineral, o que poderia evitar superestimativas da ingestão da mistura mineral e falhas no atendimento de exigências. Os resultados obtidos a partir do uso do cocho de exclusão, assim como do conceito de nível crítico de sódio na mistura, poderão, portanto, ser utilizados pela indústria de nutrição mineral, para reavaliação das premissas utilizadas na formulação de suplementos minerais de auto-consumo. Outras metodologias aplicadas à avaliação do consumo de suplementos minerais têm sido empregadas com sucesso, tais como sal de lítio (Dixon et al. 2003) e cochos automáticos (Imaz et al., 2020; Simanungkalit et al., 2021), porém com a desvantagem de serem onerosas e de poderem alterar o comportamento animal (Cockwill et al., 2000). O cocho de exclusão possui a desvantagem de não permitir a avaliação do consumo individual de suplementos em um lote, porém é uma técnica de baixo custo, de fácil aplicação e que não interfere no comportamento de consumo de suplementos.

8. CONCLUSÃO

O cloreto de sódio não é o ingrediente com maior participação na massa de suplemento lixiviada pelas chuvas, mas um único evento de precipitação é suficiente para reduzir significativamente seu teor na massa de suplemento. A redução do teor de sódio em suplementos minerais de livre consumo aumenta a ingestão de suplemento pelos animais, mas reduz a ingestão total de sódio e leva a períodos de carência do elemento, que podem estar relacionados à queda no desempenho animal. Uma parcela significativa do suplemento desaparecido do cocho não deve ser computada como consumo pelos animais, o que pode alterar as premissas e recomendações atualmente empregadas na concepção de misturas minerais de livre consumo, tal como estabelecer um nível crítico de sódio no suplemento, visando garantir adequadamente o consumo e o atendimento das exigências de sódio, principalmente em condições tropicais.

9. REFERÊNCIAS

ALMAGRO, A., OLIVEIRA, P. T. S., NEARING, M. A., HAGEMANN, S. Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. *Scientific reports*, 7, 1, p. 1-12. 2017. doi: 10.1038/s41598-017-08298-y

ALVES JUNIOR, C. A., MARTINS, M. J. N., BETIOL, L. F. L., SILVA BARRETO, A. C., TELIS ROMERO, J. Solubilidade de cloreto de sódio e seus sais substitutos para utilização na indústria de alimentos. *Ciência e Tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas*, 2021.

GRANZIN, B. C., GAUGHAN, J. B. The effect of sodium chloride supplementation on the milk production of grazing Holstein Friesian cows during summer and autumn in a humid sub-tropical environment, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 96, p. 3-4. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agronegócio brasileiro: desempenho do comércio exterior*. 2. ed. Brasília, DF: Mapa, 2004.

COCKWILL, C. L., MCALLISTER, T. A., OLSON, M. E., MILLIGAN, D. N., RALSTON, B. J., HUISMA, C., HAND, R. K. Individual intake of mineral and molasses supplements by cows, heifers and calves. *Can. J. Anim. Sci.* 80: p. 681-690. 2000.

DIXON R. M., ANDERSON A., PETHERICK J. C. Inclusion of cottonseed meal into loose mineral mix supplements increases the voluntary intake of the supplement by grazing heifers. *Animal Production Science* 57, p. 315-319. 2017.

DIXON R. M., SMITH D. R. REID A. Lithium salts as a marker of intake of supplements by cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, p. 37-46. 2003.

FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 2nd edition. CABI. 2007.

GOMES, R. D., MENEZES, G. R. D., FAVERO, R., KAZAMA, R., ALTRAK, G., MIZUBUTI, I. Y., GOMES, M. N. B., FEIJÓ, G. L. D., MONTAGNER, D. B., ARAÚJO, T. L. A. C., LIMA JÚNIOR, D. M., TORRES JÚNIOR, R. A. A., BONIN, M. N. Strategies of virginiamycin supplementation in the postweaning phase on growth performance and carcass quality of beef cattle. *Tropical Animal Health and Production*, v.56, 12. 2024. <https://doi-org.ez103.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11250-023-03860-5>

HAYLEY, C. W., NOAH, G. D., MEGAN, L. V. E., SAMUEL, A. W., TIMOTHY, D. Impacts of increasing levels of salt on intake, digestion, and rumen fermentation with beef cattle consuming low-quality forages, *Translational Animal Science*, Volume 3, p. 1818–1821. 2019. <https://doi.org/10.1093/tas/txz111>

HENRY, P. R.; MILES, R. D. Interactions among the trace minerals. *Ciência Animal Brasileira*. P. 95-106. 2000.

HONER, M. R. Precipitação pluviométrica na região de Campo Grande, MS: uma análise do período 1970 1991. EMBRAPA-CNPQC. No. 53. (EMBRAPA-CNPQC. Documentos, 53), Campo Grande, MS, BR. 1993. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104724/1/Precipitacao-pluviometrica.pdf>. Acesso em: 10/01/2024.

IMAZ, J.A., GARCÍA, S., GONZÁLEZ, L.A. Application of In-Paddock Technologies to Monitor Individual Self-Fed Supplement Intake and Liveweight in Beef Cattle. *Animals*, 10, 93. 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10010093>

JAMROZ D, GAJDA-JANIAK A, WZOREK Z, KOWALSKI Z, KUBIZNA JK. The quality of different mono- and dicalcium phosphates estimated on the basis of their crystalline phases, chemical composition, solubility, and biological parameters of broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 22, p. 247-256. 2013. doi:10.22358/jafs/65994/2013.

KOESTER, L.R., HAYMAN, K., ANDERSON, C.J., TIBBS-CORTES, B.W., DANIELS, K.M., SEGGERMAN, F.M., GORDEN, P.J., LYTE, M., SCHMITZ-ESSER, S. Influence of a sodium-saccharin sweetener on the rumen content and rumen epithelium microbiota in dairy cattle during heat stress. *Journal of Animal Science*, v.101. 2023. <https://doi.org/10.1093/jas/skac403>

MARÇAL, W. S., GASTE, L., NASCIMENTO, M. R. L., OLIVEIRA, H. S. Teores de chumbo em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul. *Ciência Rural*, 2003.

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

MARÇAL, W.S.; BUTURE, I.O. Teores de chumbo e cádmio em suplementos minerais para bovinos comercializados no estado do paraná. *Archives of Veterinary Science*, v.10, n.1, p.51-56. 2005.

MARENGO, J. A., AMBRIZZI, T., ALVES, L. M., BARRETO, N. J. C., REBOITA, M. S., & RAMOS, A. M. Changing trends in rainfall extremes in the metropolitan area of São Paulo causes and impacts. *Frontiers in climate*, 2, 3. 2020. doi: 10.3389/fclim.2020.00003

- MCDOWELL, L.R. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*, v. 60, p. 247-271, 1996.
- MOHAMED MO, PHILLIPS CJC. The effect of increasing the salt intake of pregnant dairy cows on the salt appetite and growth of their calves. *Animal Science*. 77, p. 181-185. 2003. doi:10.1017/S1357729800053777
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washinton, D.C.: National Academy Press p. 381. 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, p. 242. 1996.
- NORTH, M. A., FRANKE, J. A., OUWENEEL, B., TRISOS, C. H., Global risk of heat stress to cattle from climate change. *Environmental Research Letters*, v.18. 2023.
- RUCKEBUSCH, Y.; THIVEND, P. Digestive physiology and metabolism in ruminants. p. 854. 1979.
- SALLES, M. S. V., ZANETTI, M. A., SALLES, F. A., Effect of monensin on mineral balance in growing ruminants reared under different environmental temperatures. *Animal Feed Science and Technology*, v.141, p.233-245. 2008.
- SANCHEZ, W. K., MCGUIRE, M. A., BEEDE, D. K. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *J Dairy Sci* 77. p. 2015-2079. 1994.
- SENGER, C. G. D., SANCHEZ, L. M. B., PIRES, M. B. G.; KAMISNKI, J. Mineral content of the natural range in the southern Brazil .2. Sodium, zinc, copper, iron, and manganese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.1, p.101-108. 1997.
- SIMANUNGKALIT, G., BARWICK, J., COWLEY, F., DOBOS, R., HEGARTY, R. A. Pilot Study Using Accelerometers to Characterise the Licking Behaviour of Penned Cattle at a Mineral Block Supplement. *Animals*. 11, 1153. 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11041153>
- SIMANUNGKALIT, G., BREMNER, G., COWLEY, F., BARWICK, J., DAWSON, B., DOBOS, R., HEGARTY, R. Automatic Supplement Weighing Units for Monitoring the Time of Accessing Mineral Block Supplements by Rangeland Cattle in Northern Queensland, Australia. *AgriEngineering*, 3, p. 218-229. 2021. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3020014>
- SOUSA, J. C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. *Embrapa Gado de Corte-Circular Técnica (INFOTECA-E)*, 1981.
- SOUSA, J. C., GONCALVES, E.M., VIANA, J. D. C., DARSIE, G. Mineral deficiency in cattle of Roraima, Brazil .4. Magnesium, Sodium and Potassium. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 22, p. 89-98, 1987.
- SOUZA, Z. W. G. Desaparecimento de misturas minerais de livre consumo para bovinos a pasto a sua associação com a precipitação pluviométrica. *Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul*, 2023.

SULLIVAN T.W., DOUGLAS J.H., GONZALES N.J., BOND JR P.L. Correlation of biological value of feed phosphates with their solubility in water, dilute hydrogen chloride, dilute citric acid and ammonium citrate. *Poultry Sci.* 71, p. 2065–2074. 1992.

SUTTLE, N.F. mineral nutrition of livestock. 4^oed. Oxfordshire: CABI, 587p. 2010.

THIANGTUM, W., SCHONEWILLE, J.T., VERSTEGEN, M.W., ARSAWAKULSUDHI, S., RUKKWAMSUK, T., HENDRIKS, W. H. Response of saliva Na/K ratio to changing Na supply of lactating cows under tropical conditions. *J. Sci. Food Agric.*, 97. p. 2480-2486. 2017. <https://doi-org.ez103.periodicos.capes.gov.br/10.1002/jsfa.8063>

VALADARES FILHO, S. C., SILVA, L. F. C., GIONBELLI, M. P., ROTTA, P. P., MARCODES, M. I., CHIZZOTI, M. L., PRADOS, L. F. Exigência nutricional de zebuínos puros e cruzados BR-corte. 3^o edição. UFV, DZO, 2016.

WALLISDEVRIES, M. F. Nutritional Limitations of Free-Ranging Cattle: The Importance of Habitat Quality. *Journal of Applied Ecology*, vol. 33, no. 4. p. 688–702. 1996. <https://doi.org/10.2307/2404940>. Accessed 9 Jan. 2024.

WOYENGO, T. A., NORGAARD, J. V., HEIDE, M. E. V. D., NIELSEN, T. S. Calcium and phosphorus digestibility in rock- and bone-derived calcium phosphates for pigs and poultry: a review *Anim. Feed Sci. Technol.*, 294. 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecer o nível crítico de Na em suplementos minerais pode ser necessário para uma melhor nutrição mineral de bovinos a pasto nas condições tropicais. A partir desta abordagem, tentativas de se reduzir o teor de sódio de suplementos de livre consumo para aumentar sua ingestão, assim como de se substituir o cloreto de sódio por outros ingredientes como estimulador de consumo (aromatizantes, por exemplo), devem ser cuidadosamente analisados e experimentados em condições de exposição dos suplementos à precipitação pluviométrica. O teor de sódio no suplemento mineral interfere no consumo de suplemento por bovinos em crescimento e sua redução pode aumentar o consumo, sem garantir o adequado atendimento das exigências de elementos em parte do período de uso do suplemento por bovinos Nelore em crescimento, principalmente quando são expostos à chuva e à solubilização do cloreto de sódio.

A suplementação mineral para bovinos a pasto é um tema de bastante importância e deve ser estudado para compreender fatores de contribuição no desempenho dos animais, mas acaba sendo um tema de difícil acesso, desenvolvimento e execução de experimentos. Como a resposta de cada animal pode ser diferente em relação aos tratamentos utilizados, os resultados pode ser mais sutil e não apresentarem diferença estatística a curto prazo, com isso a pesquisa relacionada a suplementação mineral a pasto caminha em pequenos passos, porém de muita valia e importância.