

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL FORMAÇÃO DO CLUSTER METÁLICO LIGNO-
CELULÓSICO NA DIETA DE RUMINANTES

RAYANE APARECIDA LINO

SÃO JOÃO DEL REI –MG

SETEMBRO DE 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL FORMAÇÃO DO CLUSTER METÁLICO LIGNO-
CELULÓSICO NA DIETA DE RUMINANTES

RAYANE APARECIDA LINO

Zootecnista

SÃO JOÃO DEL REI –MG

SETEMBRO DE 2018

RAYANE APARECIDA LINO

INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL FORMAÇÃO DO CLUSTER METÁLICO LIGNO-
CELULÓSICO NA DIETA DE RUMINANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-*Campus* Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Orientador: Prof. Fernando de Paula Leonel (*UFSJ/CTAN*)

SÃO JOÃO DEL REI-MG

SETEMBRO DE 2018

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos, da Biblioteca da
UFSJ/CTAN.

Bibliotecário(a): _____

LINO, R.A.

Investigação da Possível Formação do Cluster Metálico Ligno-Celulósico na Dieta de Ruminantes/ Rayane Aparecida Lino – 2018. 32f

Defesa (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de São João Del Rei – *Campus* Tancredo de Almeida Neves, São João Del Rei, 2018.

Bibliografia.

Orientador: Fernando de Paula Leonel

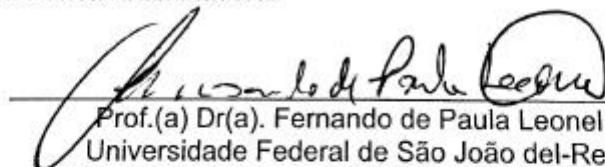
1. Ruminantes. 2. Nutrição Mineral 3. Quelatos


I- LEONEL, F.P. (Orientador)

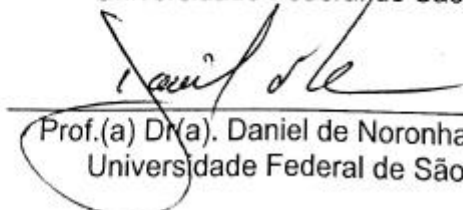
INVESTIGAÇÃO DA POSSÍVEL FORMAÇÃO DO CLUSTER METÁLICO
LIGNO-CELULÓSICO NA DIETA DE RUMINANTES

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em: 13/09/2018

Membros da Banca Examinadora:


Prof.(a) Dr(a). Fernando de Paula Leonel
Universidade Federal de São João del-Rei


Prof.(a) Dr(a). Leonardo Marmo Moreira
Universidade Federal de São João del-Rei


Prof.(a) Dr(a). Daniel de Noronha Vieira da Cunha
Universidade Federal de São João del-Rei

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pelo dom da sabedoria a que nos concede, pela força para caminhar, pelos obstáculos, porque sem eles seria impossível aprender a levantar e seguir em frente, por ser meu guia nos momentos difíceis e por ser a minha primeira lembrança nos momentos felizes. A vida não se move sem fé.

A meus pais, Airton e Terezinha, por serem o meu maior exemplo de força, por serem o meu porto seguro, no qual não me canso de voltar. Por me mostrarem que o amor existe e que a família é o nosso maior presente.

Ao meu irmão, Ryan, por ser minha segurança em quanto me afasto para seguir meus sonhos, por ter me ensinado a partilhar e por ser motivo para que eu me orgulhe.

Aos meus avós por todo os ensinamentos e exemplos, por me ensinar que a experiência é um conhecimento que não se encontra em livros e quão importante é o ato de ouvir.

Aos meus tios e primos, obrigada por todo o apoio e por entenderem os motivos de cada ausência.

A minha prima Thassiana por todo o apoio, companheirismo, irmandade e amor!

Ao meu orientador, Professor Fernando Leonel, por acreditar no meu potencial, pela paciência ao longo desses anos, pela amizade, por todo o conhecimento passado, obrigada de coração, o senhor é sem dúvida uma das minhas inspirações.

Ao professor, Leonardo Moreira, por fazer parte não só desse projeto mas de todo o processo da minha formação, sem dúvida eu aprendi muito com o senhor.

Aos demais professores do Dezoo, por todo o conhecimento compartilhado e por não medirem esforços para que tenhamos cada vez mais uma zootecnia melhor.

Ao Grupo de estudos, GEPBOV, não só por toda ajuda durante a realização deste projeto, mas por todos os anos de companheirismo, de aprendizado e por terem me permitido seguir a frente de vocês por tanto tempo, sem dúvida foi dentro desse grupo que eu cresci profissionalmente e como pessoa. Todo sucesso à vocês!

Aos meus amigos, Eduardo, Pablo, Trindade e Claudiney, por me aguentarem durante esses cinco anos, vocês fazem parte disso! Obrigada por todo o companheirismo! Aos amigos da ZOO 2013/2, vocês são a melhor turma que eu poderia ter, obrigada por fazerem mais leve essa jornada. Aos demais amigos da zootecnia só tenho a agradecer todos os momentos vividos, e por compartilharmos o sonho em ser zootecnistas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Concentrações de manganês das fezes nos diferentes tratamento utilizados.--22

Figura 2- Concentrações de zinco das fezes nos diferentes tratamento utilizados.-----23

Figura 3- Concentrações de cobre das fezes nos diferentes tratamento utilizados.-----25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidades (kg/MS) fornecidas diariamente aos animais de acordo com cada tratamento utilizado. -----	20
--	----

RESUMO

A suplementação mineral com complexos metálicos quelatados, embora apresente custo mais elevado, têm sido comercializada como uma alternativa para acentuar a absorção mineral. Entretanto, não é conhecida uma literatura especializada adequada à compreensão dos fundamentos químicos desse processo nutricional, que poderia ser significativamente melhorado. Estudos indicam que durante o processo de absorção mineral, podem ocorrer interações entre minerais e outras estruturas que prejudiquem a eficiência da absorção mineral. Para avaliar a intensidade de formação do CMLC (Cluster metálico ligno-celulósico) para manganês (Mn), zinco (Zn), e cobre (Cu), metais que foram escolhidos em função de sua relevância nutricional para ruminantes em geral, foram elaboradas dietas com tais metais nas formas quelatada e não-quelatada. Os animais avaliados foram submetidos a dietas específicas que incluíam os seguintes tratamentos: ingestão em pequena quantidade de metais não-quelatados; ingestão em quantidade apropriada de metais não-quelatados; ingestão em quantidade apropriada de metais quelatados; e tratamento sem suplementação mineral. Os resultados para as suplementações minerais de Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} demonstraram que os suplementos quelatados destes metais apresentaram menor excreção fecal dos respectivos minerais em comparação com os suplementos não-quelatados. Logo, é possível inferir que o complexo metálico na forma quelatada diminui o “sequestro” de tais metais pelos diversos agentes coordenantes presentes na digesta, diminuindo a excreção dos mesmos através das fezes. Por outro lado, metais não-quelatados estariam menos protegidos, pois teriam mais sítios de coordenação livres para possíveis ligações, sendo que essas favorecem para que os mesmos sejam “arrastados” principalmente por celulose, hemicelulose, lignina e peptídeos, formando ligações covalentes coordenadas as quais temos denominado “*clusters*”, devido ao conceito de aglomerado. Portanto, foi possível inferir que a formação do CMLC de fato ocorre e constitui um fator agravante da absorção mineral no TGI (Tratogastrointestinal), aumentando a perda dos minerais ingeridos e sugerindo que a suplementação mineral através de quelatados pode realmente ser uma promissora alternativa nutricional devido à menor formação de CMLC.

Palavras-chaves: cluster metálico ligno-celulósico (CMLC); suplementação mineral; nutrição de ruminantes; trato gastrointestinal (TGI); quelatos;

ABSTRACT

Mineral supplementation with chelated metal complexes, although presenting a higher cost, has been marketed as an alternative to accentuate mineral absorption. However, a specialized literature is not adequate to understand the chemical fundamentals of this nutritional process, which could be significantly improved. Studies indicate that during the mineral absorption process, interactions between minerals and other structures that impair the efficiency of mineral absorption may occur. In order to evaluate the intensity of formation of the CMLC (ligno-cellulosic metal clusters) for manganese (Mn), zinc (Zn), and copper (Cu), metals that were chosen according to their nutritional relevance for ruminants in general, with such metals in chelated and un-chelated forms. The evaluated animals were submitted to specific diets that included the following treatments: ingestion in small amount of non-chelated metals; ingestion in an appropriate quantity of non-chelated metals; ingestion in an appropriate quantity of chelated metals; and treatment without mineral supplementation. The results for the mineral supplements of Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} showed that the chelated supplements of these metals had lower fecal excretion of the respective minerals in comparison with the non-chelated supplements. Therefore, it is possible to infer that the metal complex in the chelated form decreases the "sequestration" of these metals by the various coordinating agents present in the digesta, reducing the excretion of the same through the feces. On the other hand, non-chelated metals would be less protected because they would have more free coordination sites for possible bonds, which favor them to be "dragged" mainly by cellulose, hemicellulose, lignin and peptides, forming covalent bonds coordinated with which we have denominated "clusters", due to the concept of agglomerate. Therefore, it was possible to infer that the formation of CMLC actually occurs and is an aggravating factor of the mineral absorption in the TGI (Tratogastrointestinal), increasing the loss of the ingested minerals and suggesting that the mineral supplementation through chelates can actually be a promising nutritional alternative due to to the lower CMLC formation.

Keywords: ligno-cellulosic metallic cluster (CMLC); mineral supplementation; nutrition of ruminants; gastrointestinal tract (GIT); chelates.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1	Manganês	2
2.2	Zinco:	4
2.3	Cobre	5
2.4	Absorção ruminal de minerais	6
2.5	Absorção intestinal de minerais	8
2.6	Sítios de absorção.....	10
2.7	Interações entre minerais.....	12
2.8	Formação do Cluster	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4	RESULTADOS	21
5	DISCUSSÃO	25
6	CONCLUSÕES	28
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

A interação entre minerais e outros nutrientes da dieta, no trato gastrointestinal (TGI) de ruminantes tem sido pouco explorada na literatura. Cátions metálicos, como componentes da dieta, podem interagir com diferentes componentes dos alimentos. Os carboidratos fibrosos, por exemplo, podem ‘indiponibilizar’ esses minerais para absorção intestinal e, conseqüentemente, para o metabolismo animal. Entretanto, uma melhor exploração dessas interações pode constituir relevante contribuição aos estudos de nutrição de ruminantes, uma vez que essas interações podem constituir fator decisivo para atrapalhar a digestão de carboidratos como celulose e hemicelulose, bem como a absorção desses cátions metálicos.

A formação do chamado “cluster metálico ligno-celulósico” (CMLC) na digesta de ruminantes pode aumentar a excreção fecal de minerais [Moreira, 2013]. Isso ocorre porque celulose e hemicelulose são macromoléculas biológicas que podem agir como “Bases de Lewis” (compostos capazes de doar através de ligações covalentes coordenadas um par de elétrons), para cátions metálicos, constituindo uma espécie de “efeito macrocíclico”, devido flexibilidade mecânica da celulose que pode agir como um agente quelante para três ou mais sítios de um centro de coordenação ou de vários centros de coordenação ao mesmo tempo. Assim sendo, dependendo do nível de compactação da digesta uma complexa rede de interações químicas pode ser constituída entre os carboidratos fibrosos, outros compostos, e os cátions metálicos. Esses fatores e a taxa de passagem da digesta podem diminuir os níveis de absorção de minerais.

Logo, o “sequestro” de cátions metálicos efetuado pelos carboidratos fibrosos e outros nutrientes geraria uma complexa estrutura supramolecular que acentuaria a perda fecal tanto de sais minerais como de fontes energéticas. Obviamente, o impacto econômico dessa perda nutricional, sobretudo para países como o Brasil, nos quais grande parte da produção de ruminantes desenvolve-se em sistema de pastejo, pode ser considerável.

Portanto, a compreensão dos aspectos químicos e bioquímicos dessa interação e a avaliação da perda de cátions metálicos devido a “captações” geradas por macromoléculas de açúcares como a celulose constitui relevante estudo em termos de nutrição animal, com fortes implicações econômicas para o agronegócio.

Assim, buscou-se avaliar a perda de cátions metálicos, via matéria fecal, em função da interação com outros nutrientes da digesta, em um estudo comparativo envolvendo cátions metálicos não-quelutados e cátions metálicos quelutados. Esse estudo foi desenvolvido avaliando os cátions metálicos de manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manganês

O Manganês é um elemento pertencente aos grupos dos metais, classificado como micro nutriente mineral. Quanto ao seu estado de oxidação, esse é um elemento que possui um vasto número de estados variando desde o 3⁻ até o 7⁺. Dentre todos esses estados o mais estável é o 2⁺, que corresponde ao íon Mn²⁺ (Rocha & Afonso, 2012). O número de coordenação do Mn²⁺ é igual a 6.

No organismo o Mn participa como constituinte de metaloenzimas como a arginase, a piruvato carboxilase e a Mn-superóxido desmutase, que atua em conjunto com outros antioxidantes metabólicos minimizando o acúmulo de formas reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio, que podem ser prejudiciais as células. (Hurley & Keen, 1987). A atuação do Mn como co-fator enzimático é diversa, sendo as principais enzimas afetadas as hidrolases, cinases, descarboxilases e transferases.

É necessário, para manter em perfeito estado o desenvolvimento dos processos reprodutivos tanto em machos como em fêmeas, tem de função prioritária na manutenção da estrutura óssea normal, e é essencial para a formação da matriz orgânica dos ossos que é composta de mucopolissacarídeos. O Mn é essencial ainda para o bom funcionamento do sistema nervoso central (Moraes, 2001).

Apenas 1% do manganês ingerido na dieta é efetivamente absorvido, sendo essa absorção ocorrida no intestino e o principal local de estocagem é o fígado. (Gibbons et al., 1976).

A principal via de excreção de Mn é a fecal que corresponde à faixa de 95 a 98% do total, sendo que o restante é excretado pela via urinária (McDowell, 1999)

As deficiências causadas pela falta desse elemento são raras em animais sob pastejo devido à alta quantidade desse elemento encontrada nas pastagens brasileiras. Quando ocorre, os sintomas são evidenciados em anomalias no esqueleto de animais jovens e recém-nascidos, influenciando no crescimento desses animais na ocorrência de transtornos relacionados à reprodução, como retardamento de surgimento de cio e consequente baixa taxa de concepção (Underwood, 1981).

2.2 Zinco:

O Zinco é um elemento pertencente ao grupo dos metais e identificado ainda como micronutriente mineral. Apresenta estado de oxidação 2^+ e número de coordenação igual a 4. É visto como o metal mais amplamente usado no organismo animal (Fernandes, 2013), sendo um micromineral essencial para as células, exercendo funções estruturais, enzimáticas e regulatórias.

Tem ação principal na estrutura e catálise de todos os tipos de metaloenzimas, sendo essas a oxirredutase, transferase, hidrolase, liase, isomerase, e a ligase (Park et al, 2004). Totalizando participação em mais de 300 diferentes tipos de enzimas, tendo como as mais importantes a cobre-zinco superóxido-desmutase, anidrase carbônica, álcool-desidrogenase, fosfatase alcalinae e RNA-polimerase.

Além disso, atua na síntese, armazenamento e secreção de hormônios, como os ligados à tireoide e a timosina, hormônio regulador da imunidade celular. Age na manutenção da concentração da vitamina A, na regulação da calmodulina e proteína quinase C, e na síntese de inositol trifosfato (NRC, 2001).

A absorção no trato gastrointestinal (TGI) ocorre no abomaso e no intestino, sendo a maior parte nesse segundo. A fração absorvida no intestino é metabolizada no fígado e ali armazenada na forma de Zn metaltionina (Conrad et al., 1985). A principal forma de excreção desse mineral do organismo é a via fecal (Conrad et al., 1985).

Os sintomas de deficiência de zinco são redução do crescimento, do consumo e eficiência alimentar, lesões na pele, perda de pêlo, inflamações na boca e nariz. Na função

reprodutiva, afeta a espermatogênese, crescimento testicular, desenvolvimento sexual primário e secundário dos machos e todas as fases reprodutivas das fêmeas (NRC, 1996).

A deficiência deste mineral é mais frequente em animais jovens, devido à maior exigência. A absorção diminui com o avanço da idade no animal, e por vezes animais adultos desenvolvem sintomas como paraqueratose (descamação da pele), falha na cicatrização natural de feridas e crescimento irregular de cascos (Wattiaux, 1998)

2.3 Cobre

O Cobre é classificado como um metal de transição, nutricionalmente, incluído no grupo dos micronutrientes minerais e apresenta quatro estados de oxidação mais usuais, sendo eles o metálico Cu^0 , o íon cuproso Cu^{+1} , o íon cúprico Cu^{+2} e o íon trivalente Cu^{+3} . Nos sistemas biológicos, a forma oxidativa predominante é o íon cúprico, sendo que o íon cuproso também pode ser encontrado no interior de células. (Bairele et al., 2010). O número de coordenação do cobre $^{2+}$ é igual a 6.

A ação como co-fator enzimático é uma das principais funções desse mineral no organismo. O Cobre participa da citocromo c oxidase, que atua na mitocôndria no processo de respiração celular, a superóxido dismutase 1 (SOD1) participa em uma espécie de defesa contra os efeitos nocivos dos radicais livres do oxigênio; a Tirosina, que atua na processo de formação da melanina; a ceruloplasmina, que converte Fe^{2+} em Fe^{3+} na membrana citoplasmática das células; e a dopamina- β -mono-oxigenase, que atua na produção de catecolaminas.

Esse elemento atua ainda no equilíbrio metabólico, pois é componente específico de elevado número de proteínas enzimáticas e tem papel importante na transcrição de genes (Linder e Hazegh-Azam, 1996).

A absorção de cobre no organismo ocorre no intestino, e o órgão responsável pela estocagem desse elemento é o fígado. No plasma sanguíneo, cerca de 90% do Cu circulante encontra-se ligado a proteína ceruloplasmina, que também se envolve na mobilização de ferro no organismo (MORAES, 2001)

A absorção desse mineral está relacionada a vários fatores como, por exemplo, a presença de antagonistas, sendo os mais importantes o Molibdênio (Mo) e o Enxofre (S). Pode ocorrer pequena excreção de Cu pela urina dos animais (González, 2000).

A ocorrência de deficiência desse nutriente é comum em bovinos sob pastejo extensivo em várias partes do mundo (Lucci, 1997). Devido ao fato de serem amplas as funções do Cu no organismo, os sintomas de deficiência também são variados e cita-se: anemia microcítica e hipocrômica, diarreia, alterações ósseas, alterações no sistema nervoso, perturbações no sistema cardiovascular e reprodutivo; perda na pigmentação da pele; e falha na queratinização dos pelos; emagrecimento e acromotriquia, em especial ao redor dos olhos; tremores musculares, seguidos de queda e evolução rápida para a morte (Tokarnia et al., 2010).

2.4 Absorção ruminal de minerais

A partir do momento em que é ingerido e alcança o trato gastrointestinal (TGI), os cátions devem ser absorvidos através de células epiteliais que revestem todo o caminho por onde esses irão circular. O objetivo dessa absorção é que estes minerais entrem na

corrente sanguínea e, daí em diante, possam ser distribuídos pelo corpo e destinados a suas devidas funções.

Os principais locais de absorção mineral estão situados nos intestinos grosso e intestino delgado. Todavia, em animais ruminantes, existe um sistema diferente devido à maior complexidade do seu sistema digestivo. Dentro dessas diferenças está a digestão microbiana, que pode ocorrer no rúmen e no retículo. Ademais há a possibilidade de interação entre os minerais e partículas oriundas da fibra atacada pela digestão microbiana.

As superfícies do rúmen, retículo e omaso voltadas para o lúmen do trato digestivo são revestidas por epitélios escamosos estratificados, que podem ter dezenas de células de espessura (Goff, 2017). Essas células passam por diversos processos e divisões até chegar ao seu estado maduro, chamado de estrato granuloso. Quando estas morrem, são queratinizadas, e formam uma dura camada de proteção contra frações fibrosas de forragens e outras substâncias que podem interferir na integridade da mucosa ruminal.

Embora a camada queratinizada do estrato granuloso seja rígida, ela não consegue isolar totalmente a absorção mineral. Existem as junções de hiato que podem ser chamadas de junções de folga, e essas são, na verdade, canais de proteínas que permitem movimento de íons e moléculas do citosol por forma de difusão simples (Goff, 2017). A partir do momento em que os minerais e outros nutrientes atravessam o estrato granuloso, eles podem se difundir através de junções comunicantes até as membranas basolaterais das células.

Mecanismos como bombas e trocadores de íons são encontrados na membrana basolateral das células basais do estrato para mover os minerais do citosol para os fluidos extracelulares (Graham & Simmons, 2005).

2.5 Absorção intestinal de minerais

Os minerais que passam pelos compartimentos estomacais dos ruminantes sem ser absorvidos, poderão sofrer esse processo na fração intestinal. Assim como na fase anterior, esta absorção é realizada através de diversos processos e agentes absorptivos.

Apesar do processo de absorção ocorrer em ambas as frações intestinais, a maior parte do processo ocorre no intestino delgado.

Existem basicamente dois tipos de transporte de minerais do intestino delgado, passando pelas camadas celulares até chegar ao fluido extracelular, transporte paracelular e transporte transcelular. No entanto, para que sejam conhecidos esses processos, faz-se necessário o entendimento da fisiologia das camadas celulares, que protegem e formam os tecidos intestinais.

Os intestinos delgado e grosso são revestidos por uma única camada de células epiteliais unidas por proteínas como ocludinas, claudinas e e-caderes que formam uma junção estreita entre as células adjacentes (Goff, 2018). As células que recobrem o lúmen dos intestinos estão cobertas por microvilosidades, chamadas de “borda de escova”, que aumentam a capacidade absorptiva deste órgão. A parte celular que entra em contato com o fluido extracelular é denominada membrana basolateral da célula.

Juntas, as células e as junções estreitas formam uma barreira efetiva à invasão pela maioria das bactérias e grandes moléculas que podem ser toxinas no lúmen (Goff, 2017).

O transporte paracelular ocorre através das junções apertadas entre as células do tecido que reveste o intestino. Esse processo ocorre através de diferença de potencial iônico dos íons que vão ser absorvidos.

Segundo Hou (2017), a junção apertada é composta por um retículo ramificado e anastomótico de “fibrilas” ou “fios” que compreendem proteínas de membrana integrais que não apenas medeiam as interações célula-célula, mas também criam uma via iônica entre as células.

Normalmente, a composição das junções apertadas oferecem resistência à absorção de água e minerais. Todavia, segundo Goff (2017), existe uma diferença de potencial elétrico que favorece a absorção de ânions ao mesmo tempo que dificulta a absorção de cátions pelas junções. Essa dificuldade pode ser vencida a partir do momento que a concentração do mineral em questão seja maior no conteúdo luminal quando comparada aquela encontrada nos fluidos extracelulares.

Células de absorção dos tecidos gastrointestinais apresentam mecanismos que facilitam a absorção de minerais pelo interior das mesmas, até que alcancem o fluido extracelular. Este processo é chamado de transporte transcelular e pode ser dividido, de acordo com Goff, (2017) em três etapas.

Na primeira etapa, os minerais ionizados são absorvidos pela membrana através de íons transportadores, que são, na verdade, proteínas especializadas que facilitam o processo de difusão. A segunda etapa é caracterizada pelo movimento do mineral da membrana apical para a membrana basal da célula. Esse transporte pode ocorrer

livremente ou através da ligação de vesículas de transporte. Dependendo do tipo do mineral, essa vesícula de transporte funciona ainda como um ligante que se une ao mineral para que seu estado ionizado não afete a função celular. Na última etapa, o movimento ocorre da membrana basal para o espaço intersticial. O transporte para o fluido extracelular pode ocorrer por canais proteicos ou por bombas minerais, ambos localizados nas membranas basais das células.

Estudos sobre a absorção de minerais são pouco realizados, mas, sobretudo, existe uma carência quanto a fundamentação de como as cargas eletrônicas dos minerais comportam-se durante o trajeto da absorção, seja ela paracelular ou transcelular.

2.6 Sítios de absorção

Manganês:

O metabolismo de absorção do manganês ocorre paralelamente ao mecanismo de absorção do ferro, sendo que ocorre no intestino delgado e é intermediado pelo transportador apical não específico DMT1, pela ligação à ferritina (Suttle, 2010). A absorção de manganês, em ruminantes, ocorre em baixa quantidade (em torno de 1%).

Os fatores dietéticos que interferem na absorção são pouco estudados, devido à deficiência de manganês não ser classificada como uma das mais danosas a esses animais. Porém, mesmo assim, existem algumas evidências de que altos níveis de cálcio e fósforo podem afetar a biodisponibilidade desse metal (Spears, 2003).

Zinco:

O processo de absorção de zinco em ruminantes ocorre na porção intestinal do duodeno, sendo controlada de acordo com a necessidade do organismo. A proporção de zinco dietético que é absorvido diminui à medida que o zinco dietético aumenta nos ruminantes (Spears, 2003).

A absorção intestinal é regulada por proteínas que ligam metais como as metalotioneínas (mt's) e as proteínas intestinais ricas em cisteína (CRIP's). As mt's funcionam como uma espécie de regulador da absorção deste elemento, pois inibem a ligação do Zn às CRIP's, liberando, assim, gradativamente, a quantidade de zinco necessária (Henriques et al., 2003).

Os fatores dietéticos que afetam a biodisponibilidade deste elemento ainda não foram bem definidos, existem poucas afirmações e estudos.

Inositol hexafosfatos e pentaosfatos (ácido fítico) ligam-se ao zinco e formam complexos pouco solúveis que resultam em absorção reduzida de zinco (Krebs, 2000). Logo, a absorção de zinco diminui com o aumento da quantidade de fitato na dieta.

Segundo Spears (2003), altas concentrações de Ca na dieta reduziu as concentrações séricas de Zn em ruminantes. Porém, o cálcio dietético elevado, não aumentou as necessidades de zinco em cordeiros. Embora, uma porção relativamente grande de zinco nas forragens esteja associada à parede celular, ainda não se sabe se a associação do zinco com a fibra reduz a absorção da mesma.

Faz-se necessário a ampliação de estudos sobre estes fatores dietéticos para que se possa obter conclusões mais assertivas sobre a biodisponibilidade desse metal.

Cobre:

A absorção de cobre ocorre através das mucosas do intestino delgado e é intermediada pelo metal bivalente específico e, por proteínas transportadoras DMT (Suttle, 2010).

O cobre é um dos minerais que mais participa em interações com outros elementos no âmbito ruminal. Por esse motivo, a absorção em animais ruminantes é baixa, pois a maioria do metal ingerido pode ser utilizada na formação de novos compostos. De acordo com Spears (2003), antes do desenvolvimento do rúmen funcional, a absorção de cobre é alta (70-85%) em cordeiros alimentados com leite, mas diminui para menos de 10% após o desmame.

A concentração de cobre do organismo depende, por sua vez, da concentração de íons no TGI. Consequentemente a quantidade de cobre absorvido também tem dependência em relação com a absorção de outros íons minerais.

2.7 Interações entre minerais

O conceito de interação pode ser definido como a influência do metabolismo de um mineral no metabolismo de outro mineral (Cozzolino, 1997). Segundo Couzy et al., (1993), as interações minerais *versus* minerais podem ser direta ou indiretas. A primeira, pode ser entendida, quando estes competem pelo mesmo sítio de absorção, por possuírem propriedades físicas e químicas semelhantes. Portanto, o excesso de um prejudicará a utilização do outro. A indireta, quando o mineral depende de outro para ser transformado para sua forma ativa. Portanto a deficiência deste acarretará num prejuízo de função.

As interações podem ainda ser divididas em positivas ou sinérgicas e negativas ou antagônicas (O'Dell, 1997). A interação entre Se e a Vitamina E é um dos poucos

exemplos de interações sinérgicas. Já as interações antagônicas são mais comuns e caracterizam-se pela inibição da absorção de um dos nutrientes envolvidos e, em alguns casos, a inibição absorptiva de ambos.

Ferro e Cobre

Segundo estudos de Standish et al., (1971), dietas com alta concentrações de ferro têm se mostrado como causa da redução no *status* de cobre em bovinos. Essa relação poderia ser associada à combinação de ferro com sulfeto no rúmen formando o sulfeto ferroso, que, quando dissociado no baixo pH do abomaso, forma complexos insolúveis com o cobre, impossibilitando a absorção do mesmo (Gengelbach, et al. 1994).

A quantificação da interação entre esses sais minerais é difícil devido à diferença de evidências encontradas em estudos sobre o assunto, embora a adição de sais de cobre pareça diminuir as concentrações de íons de ferro no organismo (Top, 2005).

Já em estudos com bezerros, ainda na fase de pré-ruminante, o alto teor de ferro na dieta não afetou o *status* de cobre, sugerindo que um rúmen funcional é necessário para o ferro interferir no metabolismo do cobre (Bremner et al.,1987).

Ferro e Zinco

O Ferro e o Zinco têm uma interação direta, que pode ocorrer em ambas direções, com o aumento do ferro influenciando a biodisponibilidade de zinco, ou o aumento de Zn influenciando o metabolismo do Fe (Cozzolino, 1997).

Estudos de Sandström et al. (1985), não reportaram inibição da absorção de zinco na razão molar de ferro para zinco de 2,5:1,0, quando ambos foram administrados com água. Entretanto, quando a razão passou para 25:1 houve redução significativa do zinco.

Para Top (2005), a influência do Zn^{2+} no metabolismo do Fe^{2+} parece irrelevante, uma vez que as concentrações de Zn^{2+} mencionadas em trabalhos por ele avaliados, que causaram influência no metabolismo do Fe^{2+} foram muito maiores do que as recomendadas para bovinos normalmente.

Ferro e Manganês

A interação entre Mn e Fe em que ambos estejam em níveis dietéticos recomendados, não deve exercer efeitos adversos, uma vez que os experimentos avaliados demonstraram interações somente em níveis onde a interação de Mn foi superestimada (Top 2005).

Cálcio e Zinco

A interação entre Ca^{2+} e Zn^{2+} tem efeito mais pronunciado quando a dieta também é rica em fitatos, pois na presença de cálcio o complexo Ca:fitato/Zn pode afetar de maneira adversa o balanço de zinco no organismo (Cozzolino, 1997).

De acordo com Wood & Zheng (1997), em trabalhos realizados com seres humanos, a ingestão de 600mg de cálcio junto com a refeição diminui a absorção de zinco em 50%, e dietas com altos teores de cálcio podem aumentar as necessidades de zinco em humanos adultos.

Zinco e Cobre

A interação entre esses minerais dá-se através do aumento da síntese de metalotioneína, pelo excesso de zinco. Essa proteína tem como função ligar-se a minerais protegendo o organismo de efeitos colaterais dos mesmos, tendo maior afinidade para cádmio e cobre, devido a isto, o cobre fica retido no interior do enterócito, impedindo sua circulação e absorção (Cozzolino, 1997).

Cobre, Molibdênio e Enxofre

É comum encontrar animais com deficiência de cobre, e esta pode ser pela falta na dieta ou por presença de antagonistas que atrapalham sua absorção. Os antagonistas mais importantes são Mo^{2+} e S.

A relação do enxofre com o metabolismo ruminal, facilita a redução do sulfato para sulfeto, sendo que esse tem afinidade com o molibdênio. Com o encontro de ambos no rúmen do animal, ocorre uma interação formando um composto que é conhecido como Tiomolibdato (Vasquez et al., 2001).

Após formado o tiomolibdato liga-se facilmente ao cobre, formando assim o tiomolibdato de cobre (Goulde et al., 2011). Esses compostos são insolúveis e assim, interferem na absorção e no metabolismo dos três nutrientes em questão que são requeridos pelo animal.

Segundo Goulde et al. (2011), na ausência de Cu disponível no rúmen, os tiomolibdatos podem ser absorvidos pela parede do rúmen e pelo intestino delgado,

permitindo que se liguem às substâncias contendo Cu, incluindo enzimas, cuja atividade será reduzida. Tal processo causa problemas frequentemente citados como deficiência de Cu.

A presença do tiomolibdato diminui o depósito de cobre nos órgãos e a síntese de ceruloplasmina, diminuindo a excreção de cobre pela bÍlis e aumentando a excreção via urina. Já o aumento do cobre dietético reduz o depósito de molibdênio no fÍgado e o aumento do enxofre aumenta a excreção urinária de molibdênio e diminui o depósito do mesmo nos tecidos. (Vasquez et al., 2001)

Os efeitos da interação dependem da relação Cu:Mo, sendo secundárias as concentrações excessivas de cobre ou molibdênio na dieta isoladamente (Vasquez et al., 2011).

Estas afirmações evidenciam a interação entre esses íons como sendo uma das mais importantes e mais prejudiciais ao organismo dos ruminantes, uma vez que as consequências causadas por essa interação prejudicam algumas funções do organismo como o funcionamento de enzimas dependentes de cobre.

2.8 Formação do Cluster

Assim como existem as interações entre minerais, existe, também, interações de minerais com outras moléculas da dieta (Moreira et al., 2013). Estas interações ocorrem na maioria das vezes por meio de troca de íons entre esses compostos. Os minerais são capazes de ligar-se a vitaminas, compostos formados no organismo e compostos advindos da dieta ingerida pelo animal como carboidratos (fibrosos e não fibrosos) e proteínas.

Para esse estudo, a revisão será focada na interação mineral com celulose, hemicelulose e lignina.

Para o entendimento do mecanismo funcional dessas interações faz-se importante o conhecimento do conceito “ácido base de Lewis” que se resume em compostos capazes de doar ou receber pares de elétrons. Uma base de Lewis é todo aquele composto, átomo ou íon capaz de doar um par de elétrons para formar uma ligação covalente coordenada, enquanto um ácido de Lewis é todo composto, átomo ou íon capaz de receber um par de elétrons para formar uma ligação covalente coordenada.

De acordo com Moreira et al. (2013), as estruturas moleculares de lignina, celulose e hemicelulose apresentam grande número de sítios de “bases de Lewis” que são encontrados em átomos de oxigênio presentes na estrutura molecular desses compostos e de fácil acessibilidade a “ácidos de Lewis”, que poderiam ser cátions minerais como os citados nessa revisão.

A ligação iônica entre o aglomerado de lignina, celulose e hemicelulose, através da doação de pares de elétrons com íons metálicos tende a formar um cluster no organismo animal (Moreira et al., 2013). Pensando nesse conceito de cluster, é possível aprofundar ainda mais o estudo avaliando os cátions metálicos como centro de coordenação de um complexo metálico, formado com o aglomerado de lignina, celulose e hemicelulose.

Centros de coordenação como Cu^+ e Cu^{2+} , e os originados do manganês, por exemplo, tem um número de coordenação igual a 6, ou seja, são capazes de realizar seis ligações com diferentes átomos doadores. Já o Zn^{2+} , possui número de coordenação igual a 4, ou seja, é tetracoordenado. Assim, é capaz de se ligar a quatro diferentes sítios de

ligação, com o arranjo molecular formado de celulose, hemicelulose e lignina. (Moreira, 2013).

A lignina é caracterizada por obter baixo grau de ordem e alto grau de heterogeneidade. Apresenta grande disponibilidade de sítios de oxigênio diferentes que coordenam com vários cátions metálicos de um ambiente químico (Ralph, 1998).

Cada centro metálico pode ser coordenado por duas, três ou mais moléculas diferentes, gerando uma rede química complexa, formando o chamado efeito macrocíclico (Moreira et al, 2013).

A competição por sítios de ligação entre cátions metálicos e íons H⁺, ocorre em ambientes mais ácidos como o abomaso, onde os prótons poderiam competir com os centros metálicos para as bases de Lewis. No entanto, nas faixas de pH mais frequentemente presentes no rúmen, isto é, entre pH 6 e 7 (em sistemas de pastagens) ou entre pH 5,8 e 6,3 (em sistemas de confinamento), a baixa concentração de íons hidrogênio não é suficiente para gerar perda de coordenação metálica (Moreira et al, 2013).

O estudo da formação do cluster torna-se de grande importância haja vista o quanto é oneroso para um sistema de nutrição animal a chamada “nutrição mineral”. E nos sistemas atuais de produção animal, o eficiente aproveitamento de todos os nutrientes da dieta deve ser premissa básica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo experimental foi conduzido na Fazenda Experimental Risoleta Neves, utilizada pelo convênio Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ)/Empresa de

Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no município de São João del-Rei, estado de Minas Gerais (MG), Brasil.

O experimento foi realizado com 8 bovinos machos de raça mestiça, distribuídos ao acaso em baias individuais cobertas, dotadas de comedouros e bebedouros, nos quais os animais obtinham livre acesso aos alimentos. Durante o período do experimento, os animais não tiveram acesso a nenhum outro local com a possibilidade de ingerir algo fora da dieta que a eles era ministrada.

Utilizou-se um delineamento experimental de dois quadrados latinos (4x4) simultâneos, sendo que o experimento teve a duração de 52 dias. Foram divididos em quatro períodos de 13 dias cada. Sendo dez dias de adaptação e três dias de coleta de amostras. Os animais recebiam alimentação duas vezes ao dia, 7:00 e 15:00 horas.

Na dieta base, foi utilizada silagem de sorgo em quantidades variadas, de acordo com as necessidades de alimentação de cada animal, levando em consideração a massa corporal e a capacidade alimentar dos mesmos. Os animais durante todo o experimento tiveram acesso irrestrito à água, que ficava disponível nos bebedouros acoplados nas baias.

Os minerais foram adicionados à fração concentrada da dieta que foi fornecida nos comedouros juntamente com a silagem de sorgo.

Os tratamentos estudados foram: tratamento com ingestão de pequena quantidade de metais não-quelutados; tratamento com ingestão de quantidade apropriada de metais não-quelutados; tratamento com ingestão de quantidade apropriada de metais quelutados; e tratamento sem suplementação mineral, sendo as quantidades (kg/MS) expressos na tabela 1.

Tabela 1 – Quantidades (kg/MS) fornecidas diariamente aos animais de acordo com cada tratamento utilizado.

Tratamentos	Quantidade Kg/MS					
	Manhã			Tarde		
	AC	SM	Ureia	AC	SM	Ureia
T1	1,2	0,05	0,03	1,1	0,05	0,03
T2	1,2	0,1	0,03	1,1	0,1	0,03
T3	1,2	0,1	0,03	1,1	0,1	0,03
T4	1,2	--	0,03	1,1	--	0,03

AC= Alimentação Concentrada, SM= Suplementação Mineral, T1= Tratamento com ingestão de pequena quantidade de metais não-quelutados, T2= Tratamento com ingestão de quantidade apropriada de metais não-quelutados, T3= Tratamento com ingestão de quantidade apropriada de metais quelutados, T4= Tratamento sem suplementação mineral

Antes de cada alimentação referentes aos períodos manhã e tarde, foram coletadas amostras individuais dos tratamentos oferecidos e da silagem de sorgo e das sobras dos animais nos comedouros.

Durante cada alimentação, também foram coletadas amostras de fezes dos animais, nos períodos da manhã e da tarde. Ao final do dia, as amostras de matéria fecal obtidas nas duas coletas eram misturadas, formando uma amostra homogênea por dia.

As amostras eram armazenadas em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho do “tipo Willey”, utilizando peneira de 1 mm e, em seguida, devidamente armazenadas para a realização das respectivas análises.

As amostras foram agrupadas em compostas, separadas por animais e períodos, em seguidas foram digeridas em bloco digestor em temperatura de 450 ° por tempo

indeterminado até que se alcançasse a coloração translúcidas das amostras, seguindo as determinações de Detmann et. Al, 2012.

Os procedimentos realizados com as amostras foram desenvolvidos nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia (DEZOO) da Universidade Federal de São João del-Rei e no Laboratório de Nutrição Animal da EPAMIG e em seguida encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa onde foram realizadas análises de espectrometria absorção atômica.

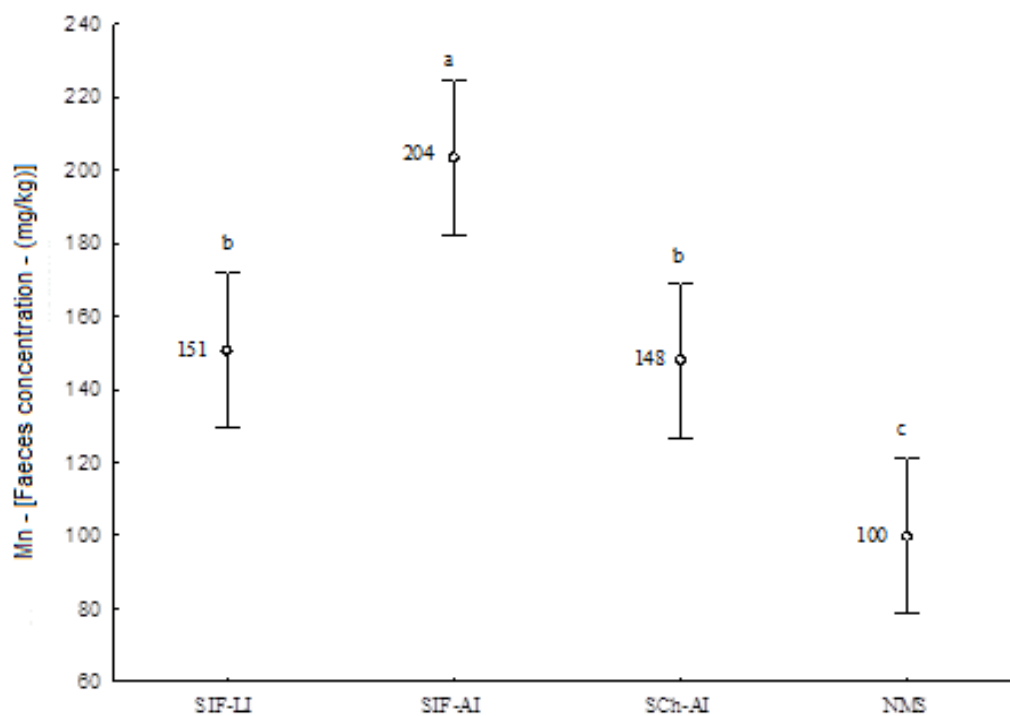
Determinou-se os teores de manganês (Mn), zinco (Zn), e cobre (Cu) nas amostras da da matéria fecal, através de intervalos com 95% de confiança.

4 RESULTADOS

Para estudar a possível formação do *cluster* metálico ligno-celulósico, e fazer inferências sobre o fenômeno, optou-se por avaliar o diferencial das concentrações dos cátions metálicos (Mn, Zn, Cu) contidos na dieta e nas fezes de novilhos mestiços.

Manganês

Não houve interação ($p > 0,05$) entre os tratamentos e os períodos avaliados. As maiores ($p < 0,05$) concentrações de manganês foram encontradas nas fezes dos animais que ingeriram maior quantidade de manganês na forma de sal inorgânico não-quelutado (SIF-AI) (Figura 1). Interessante registrar que a ingestão da forma quelatada em quantidade apropriada gerou na matéria fecal quantidade de manganês semelhante àquela encontrada os animais ingeriram pouca quantidade de sal inorgânico não quelutado.



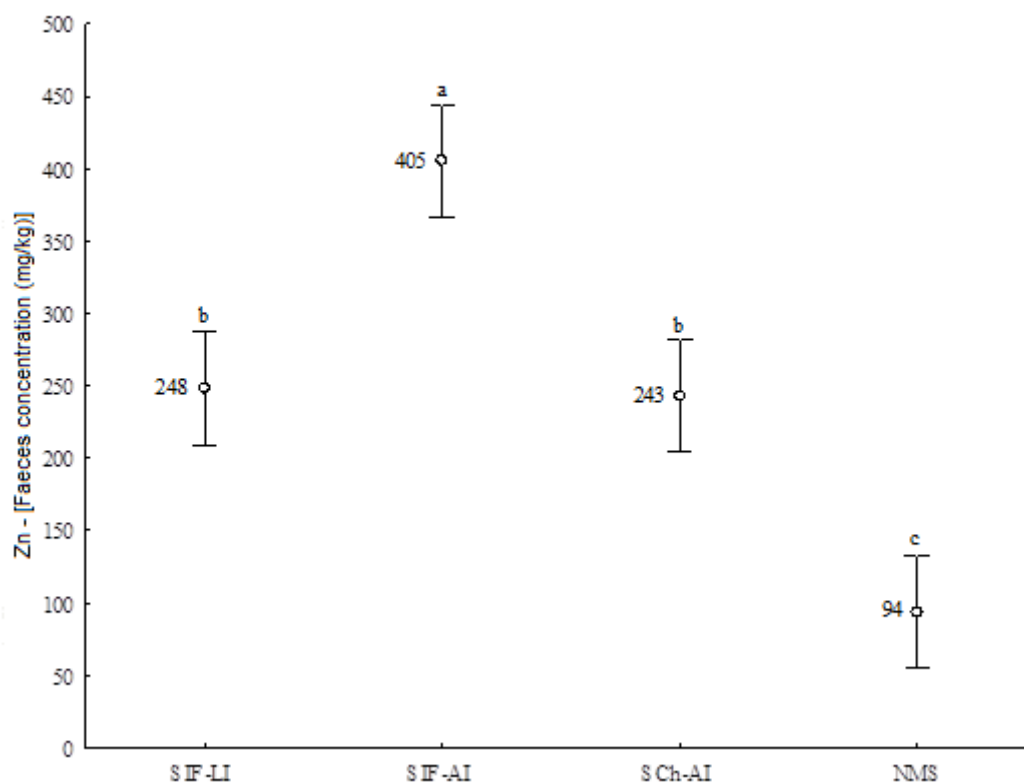
SIF-LI = suplementação na forma inorgânica e com baixo consumo
 SIF-AI = suplementação na forma inorgânica e com ingestão adequada
 SCh-AI = suplementação em forma quelatada e com ingestão adequada
 NMS = sem suplementação mineral

Figura 1- Concentrações de manganês das fezes nos diferentes tratamentos utilizados.

Zinco

Comportamento semelhante àquele observado para a ingestão de sais de manganês foi observado para a suplementação mineral de zinco (Figura 2). Novamente, a forma não quelatada ingerida em quantidades apropriadas foi muito mais ($p < 0,05$) excretada pelas fezes do que a forma quelatada. E as quantidades de zinco eliminado nas fezes, referente à ingestão da forma quelatada, em quantidade apropriada as demandas nutricionais, foi semelhante à quantidade de metal ingerido na forma não-quelatada em baixa quantidade.

É possível notar que a diferença, em termos percentuais, da excreção do zinco quelatado em quantidades apropriadas em relação ao zinco não quelatado em quantidades apropriadas é até maior do que aquela observada para o manganês, o que provavelmente está associado ao fato de Zn^{2+} apresentar uma configuração eletrônica d^{10} , constituindo um complexo metálico de geometria tetraédrica, o que é característica de complexos tetracoordenados (número de coordenação quatro). Portanto, o fato de o centro metálico de zinco apresentar apenas quatro ligações covalentes coordenadas, significa que, uma vez quelatado, terá grande dificuldade de fazer outras ligações, e, principalmente, em um número de ligações elevado. Assim, é mais difícil que o zinco seja coordenado por outros ligantes presentes no trato gastrointestinal (TGI), tais como celulose, hemicelulose, proteínas, peptídeos, aminoácidos, ácidos graxos, entre outros.

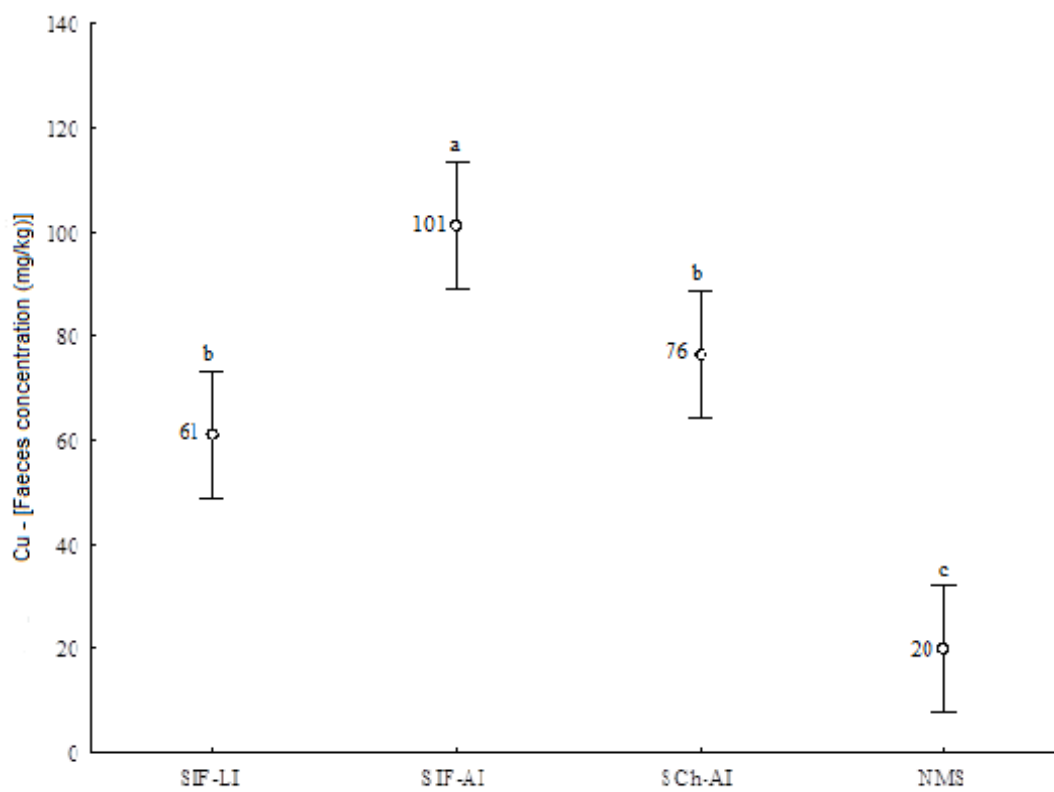


SIF-LI = suplementação na forma inorgânica e com baixo consumo
SIF-AI = suplementação na forma inorgânica e com ingestão adequada
SCh-AI = suplementação em forma quelatada e com ingestão adequada
NMS = sem suplementação mineral

Figura 2- Concentrações de zinco das fezes nos diferentes tratamento utilizados

Cobre

O cobre segue a mesma tendência, previamente observada para manganês e zinco, respectivamente (Figura 3). Entretanto, a diferença entre a excreção das formas quelatadas e não-quelatadas parece ser menos intensa do que nos casos de manganês e zinco. Isso pode ser inferido tanto através da comparação da excreção da forma quelatada com a forma não-quelatada em quantidade apropriada, como comparando-se a excreção da forma quelatada com a excreção da forma não quelatada ingerida em baixa quantidade.



SIF-LI = suplementação na forma inorgânica e com baixo consumo
 SIF-AI = suplementação na forma inorgânica e com ingestão adequada
 SCh-AI = suplementação em forma quelatada e com ingestão adequada
 NMS = sem suplementação mineral

Figura 3- Concentrações de cobre das fezes nos diferentes tratamento utilizados

5 DISCUSSÃO

Os três cátions metálicos apresentaram a mesma tendência de excreção fecal, ou seja, todos os três metais testados apresentaram menor excreção fecal para as dietas cujos suplementos minerais eram quelatados. Indicando que os quelatados foram mais

absorvidos. Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que a quelação é uma forma de limitar a “captação” dos cátions metálicos por carboidratos fibrosos e outros nutrientes, favorecendo suas respectivas absorções.

Vale adir que na digesta existem grande número de potenciais ligantes para os cátions metálicos, com especial destaque para os carboidratos fibrosos, tais como celulose e hemi-celulose; lignina; aminoácidos e peptídeos, entre outros, os quais podem também ser mais excretados quando complexados pelos metais da suplementação mineral.

A constatação de que o zinco, aparentemente, apresenta uma diferença levemente superior entre a excreção da forma quelatada e da forma não-quelatada poderia ser explicada pelo fato de que seu estado de oxidação mais usual, Zn (II), ser normalmente tetracoordenado (formando a geometria tetraédrica) e não hexacoordenado como ocorre com manganês e cobre. Assim sendo, a quelação do zinco por aminoácidos e/ou peptídeos deve inviabilizar mais efetivamente sua coordenação por celulose e hemicelulose e seu consequente “arrastamento” pelo trato gastrointestinal (TGI) em comparação com o cobre e manganês, os quais formam usualmente complexos metálicos hexacoordenados em geometria octaédrica (a chamada “bipirâmide de base-quadrada”).

Os resultados do presente trabalho indicam uma significativa formação do cluster metálico-lignocelulósico (CMLC) e que o mesmo é responsável pela perda de representativas quantidades de minerais, não só dos cátions estudados, mas também de ânions relevantes, que são contra-íons para a formação dos sais minerais. Indiretamente, é possível também inferir uma maior perda energética por parte do animal, pois a formação do CMLC deve acarretar maior excreção fecal tanto de sais minerais como de carboidratos e outros nutrientes. De fato, a questão da digestibilidade relacionada às fibras

é altamente relevante para diversos processos que ocorrem na digesta (Varga, 1998), e que direta e indiretamente acaba afetando os processos bioquímicos que podem ocorrer com outros nutrientes presentes no TGI.

De fato, a química nutricional de carboidratos abrange o estudo da degradação de carboidratos estruturais e não-estruturais e dos fatores que propiciam uma biodisponibilidade para esses nutrientes para o animal e para a digestão microbiana (Van Soest et al., 1991).

Além disso, os resultados obtidos sugerem que a utilização de suplementos minerais quelatados pode ser eficiente no favorecimento de uma maior absorção de cátions metálicos a partir do TGI de ruminantes. Portanto, tal alternativa deve ser considerada como opção, mesmo considerando seu maior custo (em relação à suplementação mineral não-quelatada), por óbvio, mediante uma análise de fluxo de caixa.

Por outro lado, é possível supor que novas estratégias de manejo possam ser desenvolvidas visando um menor contato entre metais, quelatados e/ou não-quelatados, e celulose e hemicelulose, objetivando uma menor perda nutricional tanto de sais minerais como de fontes energéticas e proteicas pela matéria fecal.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido ao pH ruminal situar-se próximo à neutralidade, em dietas com adequado teor de fibra, a formação do cluster não sofre interferências por este quesito neste compartimento gástrico. Todavia, o baixo pH encontrado no abomaso, supostamente tem o poder de quebrar toda ou parte das ligações iônicas ocorridas entre os centros metálicos de coordenação e os aglomerados supramoleculares formadores do complexo macrocíclico. Entretanto, após a chegada dessas moléculas no primeiro compartimento

intestinal, ou seja, o duodeno, o pH tende novamente a aumentar, permitindo que as moléculas se liguem novamente.

Outra discussão deve ser a consideração do percentual de cátions metálicos que uma vez fizeram parte do complexo macrocíclico, ocasionalmente serão absorvidos ao invés de se ligarem novamente no complexo.

Logo, a discussão é complexa e de difícil entendimento. Assim, uma afirmação conclusiva para esse fenômeno, depende de uma bateria extensa de estudos, com diferentes metodologias especificamente apropriadas para determinações acuradas e robustas.

67 CONCLUSÕES

A suplementação mineral quelatada pode favorecer maior absorção de cátions metálicos. Tal constatação permite inferir a formação do chamado “cluster metálico ligno-celulósico” (CMLC) no tratogastrintestinal (TGI) dos ruminantes de forma mais significativa na digesta que apresente suplementação mineral não-quelatada. Os resultados do presente trabalho reforçam a necessidade de maior estudo sobre a influência de diferentes tipos de agentes quelantes, os quais podem otimizar de forma muito representativa uma maior absorção de metais.

78 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIERLEI, M. et al. **Possíveis efeitos do cobre sanguíneo sobre parâmetros hematológicos em idosos.** Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial. vol.46 no.6 Rio de Janeiro Dec. 2010

BREMNER, I. et al; **Iron-induced copper deficiency in calves: dose-response relationships and interactions with molybdenum and sulphur.** Animal Production Science 45:403-414. 1987.

CONRAD, J.H.; MCDOWELL, L.R.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais.** Universidade da Flórida. Gainesville. (Traduzido por EUCLIDES. V.P.B. CNPGC-Embrapa.). 91p. 1985.

COUZI, F. et al.; **Nutritional implications of the interactions between minerals.** Progress in Food and Nutrition Science, Oxford, v.17, p.65-87, 1993.

COZZOLINO, S. M. F.; **Biodisponibilidade de Minerais,** Revista Nutritime. Campinas, 10(2): 87-98, jul./dez., 1997

CRUZ, J. B. F.; SOARES, H. F.; **Uma revisão sobre o zinco Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Universidade Anhanguera Campo Grande, Brasil vol. 15, núm. 1, pp. 207-222, 2011

DETMANN, E.; SOUZA, M.A; VALADARES FILHO, S.C (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.214p

MORAES, S. da S. **Principais deficiências minerais em bovinos de corte**. EMBRAPA GADO DE CORTE. 2001 Disponível em: <<http://old.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc112/033femncuzn.html>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

FERNANDES, M. N. Da Silva. **Metabolismo do zinco na nutrição de frangos de corte e suas respostas no desempenho e no sistema imune**. Revista eletrônica nutritime, v. 9, n. 06, p. 2104-2115, dez./dez. 2012.

GENGELBACH, G. P., J. D. WARD, and J. W. SPEARS. **Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves**. Journal Animal Science 72:2722. 1994.

GIBBONS, R. A., et al.,. **Manganese Metabolism in cows and goats**. Biochimica et Biophysica Acta (BBA). 444(1):1– 10. 1976.

GOFF, Jesse P.; **Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid–base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status.**

Journal of Dairy Science Volume 101, Issue 4, Pages 2763-2813, , April 2018

GONZÁLEZ, F.H.D. **Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes.** In: GONZÁLEZ, H.D.; BARCELLOS, J.; PATINÕ, H.O. et al. Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre:Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.31-51, 2000.

GOULDE, L; KENDALL”, N.R. **Role of the rumen in copper and thiomolybdate absorption** Nutrition Research Reviews; 24 (2): 176-182, 2011

HURLEY, L.S., KEEN, C. L. **Manganese, In Trace Elements in Humans and Animal Nutrition.** New York Academic Press. Vol: 1, Pp. 185-223 1987.

KREBS, Nancy F.; **Visão Geral da Absorção e Excreção de Zinco no Trato Gastrointestinal Humano,** The Journal of Nutrition, volume 130, edição 5, p 1374S-1377S, 1 de maio de 2000.

LINDER, M. C. e HAZEGH-AZAM, M. **Copper biochemistry and molecular biology.**
American Journal of Clinical Nutrition, 63, pp. 797S-811S. 1996

LUCCI, C. S. **Nutrição e Manejo de Bovinos Leiteiros.** São Paulo: Manole, 1997. 169
p.

McDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil.** 3 ed., University of Florida , 92 p., 1999.

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

MOREIRA, L. M. et al.; **A new approach about the digestion of fibers by ruminants**
Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, v.14, n.2, p.382-395 abr./jun.,
2013

National Research Council – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** 7.ed.
Washington, D.C.: 242p. 1996.

National Research Council – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed.
Washington, D.C.: 362p. 2001

O'DELL, B. L.; **Mineral-ion interaction as assessed by bioavailability and ion channel function.** In: B. L. O'Dell and R. A. Sunde (Eds.) Handbook of nutritionally essential mineral elements. Pp. 641-659. Marcel Dekker, Inc. New York. 1997.
p. 111. 1981.

PARK, et al.; **Review on the Role of Dietary Zinc in Poultry Nutrition, Immunity, and Reproduction** –Biological Trace Element Research - Vol. 101, 2004

RALPH, J; HATFIELD, RD; SEDEROFF, RR; MACKAY, JJ; **Variações na lignina: o que estudos recentes sobre mutantes e transgênicos da via da biossíntese de lignina revelam sobre a lignificação .** Madison, WI: EUA Dairy Forage Research Center, p.34-38, 1998.

ROCHA, R. A, AFONSO, J.C **Química Nova na Escola** Vol. 34, N° 2, p. 103-105, MAIO 2012

SANDSTROM, B. et al. **Oral iron dietary ligands and zinc absorption.** Journal of Nutrition, Bethesda, v.115, p.411-414, 1985.

SPEARS, Jerry W.; **Trace Mineral Bioavailability in Ruminants**, *Jornal de Nutrição*, Volume 133, Número 5, p. 1506S-1509S, 1 de maio de 2003.

STANDISH, L.F; AMMERMAN, C.B; PALMER, A.Z. et al. **Influence of dietary iron and phosphorus on performance tissue mineral composition and absorption in steers**. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.33, n.1, p.171-178, 1971.

Suttle, N. F.; **Mineral nutrition of livestock** / Neville F. Suttle. - - 4th ed. p. cm. Earlier editions entered under Eric J. Underwood. 2010.

SWECKER JR, W. S; - **Trace Mineral Feeding and Assessment** - *Veterinary Clinics of North America: Food Animal* 30 671–688, 2014.

TOP, A.M. van den; **Reviews on the mineral provision in ruminants (VIII): Iron Metabolism and Requirements in Ruminants**. CVB Documentation report nr. 40 November 2005

TOKARNIA C.H. et al., **Deficiência de cobre. In: Deficiências Minerais em Animais de Produção**. 4Rio de Janeiro: Helianthus, Cap.7.1, p.88-102, 2010.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. **Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition.** Journal of Dairy Science, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VARGA, G.A.; DANN, H.M.; ISHLER, V.A. **The use of fiber concentrations for ration formulation.** Journal of Dairy Science, v.81, p.3063, 1998.

VÁSQUEZ, E. F. A.; HERRERA, A. del P.N.; SANTIAGO, G. S.; **Copper, Molybdenum and Sulphur Interaction in Ruminant Nutrition.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1101-1106, 2001

UNDERWOOD, A. J.; **Structure of a Rocky Intertidal Community in New South Wales: Patterns of Vertical Distribution and Seasonal Changes.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology , Vol: 51, pp. 57-85, 1981.

WATTIAUX, M.A; **Nutrição e Alimentação** – University of Wisconsin, Madison, USA – (Traduzido por Reis, R.B; Guia Técnico da Pecuária Leiteira, 1998)

WOOD, R.J., ZHENG, J.J. **High dietary calcium intakes reduce zinc absorption and balance in humans.** American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda, v.65, p.1803-1809, 1997.