



WALDIR DE CASTRO DIAS JÚNIOR

**EFEITOS DA ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO DE
PARTÍCULAS DE SILAGEM DE MILHO E INCLUSÃO DE
UM *BLEND* MINERAL-VITAMÍNICO NA DIETA DE
NOVILHAS NELORE EM TERMINAÇÃO**

**LAVRAS – MG
2022**

WALDIR DE CASTRO DIAS JÚNIOR

**EFEITOS DA ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO DE PARTÍCULAS DE SILAGEM
DE MILHO E INCLUSÃO DE UM *BLEND* MINERAL-VITAMÍNICO NA DIETA DE
NOVILHAS NELORE EM TERMINAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Junior, Waldir Dias.

Efeitos da associação entre tamanho de partículas de silagem de milho e inclusão de um Blend Mineral-Vitamínico na dieta de novilhas nelore em terminação / Waldir Dias Junior. - 2022.

46 p. : il.

Orientador(a): Thiago Fernandes Bernardes.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Fibra. 2. Tamanho de partícula. 3. Vitamina B e Hidroximinerais. I. Bernardes, Thiago Fernandes. II. Título.

WALDIR DE CASTRO DIAS JÚNIOR

EFEITOS DA ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO DE PARTÍCULAS DE SILAGEM DE MILHO E INCLUSÃO DE UM *BLEND* MINERAL-VITAMÍNICO NA DIETA DE NOVILHAS NELORE EM TERMINAÇÃO

EFFECTS OF THE ASSOCIATION BETWEEN CORN SILAGE PARTICLE SIZE AND INCLUSION OF A MINERAL-VITAMIN BLEND IN THE DIET OF FINISHING NELORE HEIFERS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de Dezembro de 2022.

Dr. Erick Darlisson Batista – UFLA

Dr. Ricardo Pedroso Oaigen – UFP

Prof. Dr. Thiago Fernandes Bernardes
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por todas as portas que me foram abertas até hoje para que eu consiga alcançar meus objetivos.

Aos meus pais Valdir Dias e Paula Rezende por todos os ensinamentos, toda a educação, carinho, amor e apoio. Vocês são meus principais pilares durante toda essa caminhada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de permitir que eu aprimore meus conhecimentos.

Ao meu orientador Prof. Thiago Fernandes Bernardes por todo o conhecimento e orientação, e por ter me concedido a oportunidade de ser seu orientado. Ao grupo da conservação que sempre estiveram dispostos a me ajudar com o experimento e pelo companheirismo durante esses anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À Trouw Nutrition pela parceria e apoio financeiro.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização e finalização deste trabalho.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do tamanho de partícula (Curta -13 mm ou Longa - 24 mm) de silagem de planta inteira de milho, associada ou não com a suplementação de um *blend* mineral-vitamínico, contendo hidróxi-minerais (Cobre - Cu e Zinco - Zn) e vitaminas do complexo B protegidas da degradação ruminal (tiamina, ácido pantotênico, piridoxina, biotina, ácido fólico e cobalamina) sobre o comportamento alimentar, histologia de papilas ruminais, parâmetros fecais e sanguíneos de novilhas nelore em confinamento na fase de terminação. Foram utilizadas 96 novilhas Nelore, média de 20 meses com peso inicial médio de 258 kg \pm 50 Kg em um delineamento em blocos casualizados, com um arranjo fatorial 2 \times 2 (2 tamanhos de partículas e com ou sem inclusão do *blend* mineral-vitamínico). As dietas foram formuladas para proporcionar ganho de 1,4 kg/dia, com fornecimento *ad libitum* duas vezes ao dia. Os animais foram alojados em 32 baias coletivas com 3 animais por baia e oito repetições por tratamento. Os tratamentos avaliados foram: Curta Controle (CC), Curta com *blend* (CB), Longa Controle (LC) e Longa com *blend* (LB). Foi realizado uma observação visual de comportamento alimentar dos animais por 24 horas, e duas coletas *spot* de fezes durante o confinamento. Coletas de sangue foram realizadas ao final do experimento. Após 101 dias em confinamento no abate foram retiradas amostras de 5 x 5 cm² do saco ventral do rúmen para as mensurações histológicas. Observou-se efeito ($P < 0,05$) do tamanho de partícula sobre o consumo de FDN (kg/MS), sendo maior para o tratamento com fibra longa, as demais variáveis de comportamento alimentar não apresentaram diferença estatística. Os tratamentos sem a inclusão do *blend* mineral-vitamínico tiveram uma maior preferência para as partículas retidas nas peneiras de 19 e 8 mm. Os parâmetros fecais avaliados foram MS, FDN, Cinzas, N, Amido, pH e escore fecal e tiveram efeito ($P < 0,05$) para pH fecal, sendo maior para o tratamento com fibra longa. Valores de largura e área das papilas ruminais foram maiores para os tratamentos com inclusão de fibra longa, houve uma interação fibra \times aditivo para o valor de comprimento de papila. Os grupos experimentais que consumiram o *blend* tiveram concentrações de GGT (U/L) maiores em comparação aos tratamentos controle, o nível de glicose plasmática foi afetado pelo tamanho de fibra, sendo que a inclusão de fibra longa apresentou maiores valores. A inclusão do *blend* mineral-vitamínico pode reduzir a preferência dos animais por partículas mais longas (> 8 mm) e trazer melhora no metabolismo do fígado, evitando o aumento nas concentrações de GGT, U/L quando comparado ao tratamento controle. O tamanho de partícula (24 mm) de silagem de planta inteira de milho pode ser benéfico no desenvolvimento das papilas ruminais, aumentando a largura. Também se mostrou eficiente em aumentar concentrações de glicose no plasma e pH fecal.

Palavras-chave: Fibra, tamanho de partícula, Vitaminas B, Hidróxi-minerais e Confinamento de bovinos de corte

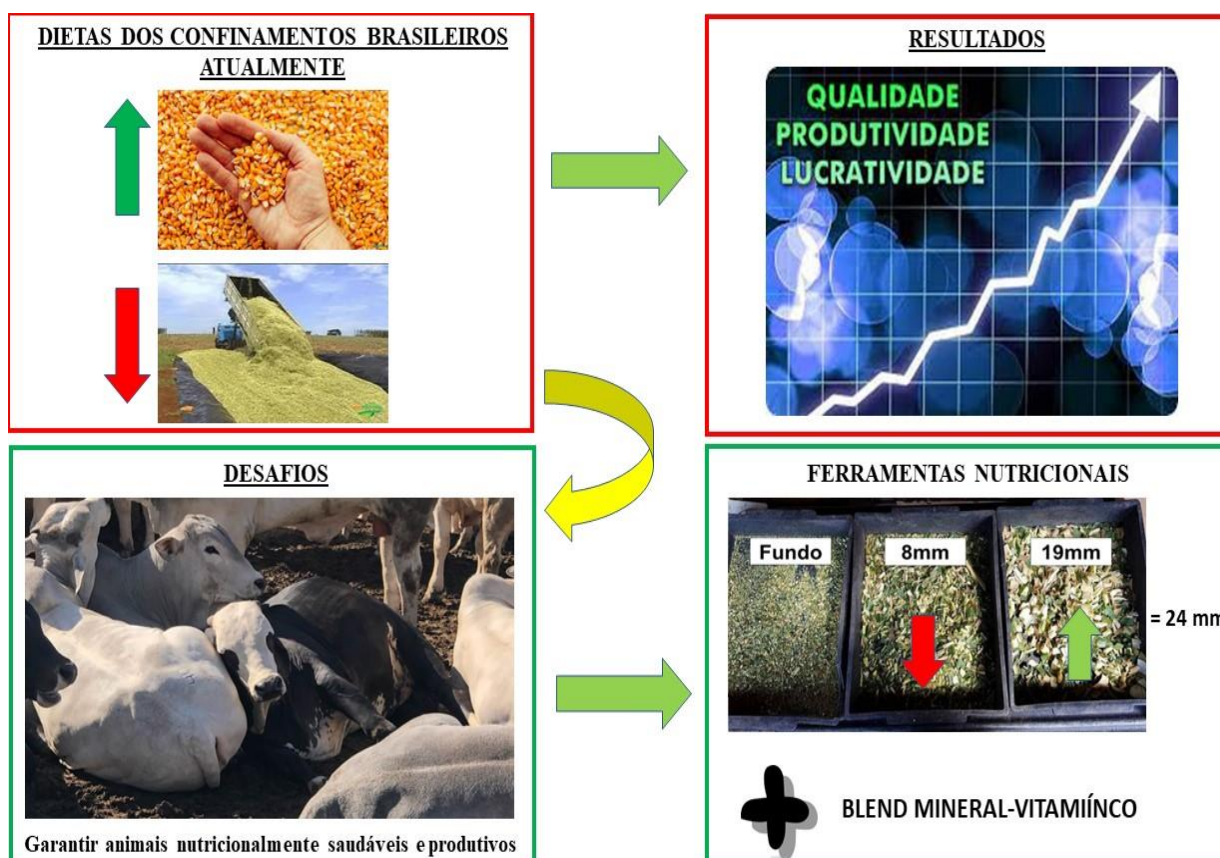
ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of particle size (Short -13 mm or Long - 24 mm) of whole corn plant silage, associated or not with the supplementation of a mineral-vitamin blend, containing hydroxy-minerals (Copper - Cu and Zinc - Zn) and B vitamins protected from ruminal degradation (thiamine, pantothenic acid, pyridoxine, biotin, folic acid and cobalamin) on feeding behavior, fecal parameters, histology of ruminal papillae and blood parameters of feedlot heifers (Nelore) at fattening stage. Ninety-six Nelore heifers with average initial weight of 258 kg were used in a randomized block design, with a factorial arrangement 2×2 (two particle sizes and with or without inclusion of the mineral-vitamin blend). The diets were formulated to provide gain of 1.4 kg/day, ad libitum, supply twice a day. The animals were housed in thirty-two collective pens with three animals per pen, and eight replicates per treatment. The treatments evaluated were: Short Control (CC), Short with blend (CB), Long Control (LC) and Long with blend (LB). The animals were weighed at the beginning and at the end of the experimental period, after solid fasting of 16 hours, an observation of the feeding behavior was performed for 24 hours. Two spot fecal samples were collected during confinement. Blood samples were collected at the end of the experiment. After slaughter, samples of $5 \times 5 \text{ cm}^2$ in the ventral sac of the rumen were taken for histological measurements. There was an effect ($P < 0.05$) on NDF consumption (kg/DM) being higher for treatment with long fiber, the other variables of feeding behavior did not show statistical difference. The treatments without the inclusion of the mineral-vitamin blend had a greater preference for the particles retained in the 19 and 8mm sieves. Fecal parameters had effect ($P < 0.05$) for fecal pH, being higher for treatment with long fiber. Values of width and area of ruminal papillae were higher for treatments with inclusion of long fiber, there was an interaction fiber x additive to the value of papilla length. The experimental groups that consumed the blend had higher concentrations of GGT (U/L) compared to the control treatments, the plasma glucose level was affected by fiber size, the inclusion of long fiber showed higher values. The inclusion of the mineral-vitamin blend reduce the preference of animals for longer particles ($> 8 \text{ mm}$). The inclusion of the blend brings improvement in liver metabolism, avoiding the increase in concentrations of GGT, U/L when compared to the control treatment. The particle size (24 mm) of whole corn plant silage can be beneficial in the development of ruminal papillae, increasing the width. It was also shown to increase plasma glucose concentrations and fecal pH.

Key words: Fiber, particle size, B vitamins, Hydroxy-minerals and Beef cattle.

INFOGRÁFICO

Com a crescente demanda mundial de carne bovina e as margens de lucro apertadas, vem crescendo o uso de dietas altamente energéticas em confinamento de bovinos de corte, essas dietas aumentam o risco de distúrbios digestivos e uma sobrecarga do fígado. Objetivou-se avaliar o efeito do tamanho de partícula (Curta - 13 mm ou Longa - 24 mm) de silagem de planta inteira de milho, associada ou não com a suplementação de um *blend* mineral-vitamínico, contendo hidróxi-minerais (Cobre - Cu e Zinco - Zn) e vitaminas do complexo B protegidas da degradação ruminal (tiamina, ácido pantotênico, piridoxina, biotina, ácido fólico e cobalamina) sobre o comportamento alimentar, histologia de papilas ruminais, parâmetros fecais e sanguíneos de novilhas nelore em confinamento na fase de terminação. A inclusão de silagem de planta inteira de milho com maior tamanho de partícula (24 mm) associada a um *blend* mineral vitamínico promoveu a saúde ruminal. O tratamento com a inclusão do *blend* traz melhora no metabolismo do fígado, evitando o aumento nas concentrações de GGT, U/L. O tamanho de partícula (24 mm) de silagem de planta inteira de milho se mostrou eficiente em aumentar concentrações de glicose no plasma e pH fecal.



Aumento no tamanho de partículas (24 mm) de silagem de planta inteira de milho associado a um *blend* mineral vitamínico para dietas de bovinos de corte confinados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	HIPÓTESE	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1	Tamanho das partículas de forragem para bovinos de corte em confinamento	12
3.2	Microminerais – Cobre (Cu) e Zinco (Zn)	13
3.3	Cobre (Cu)	15
3.4	Zinco (Zn)	16
3.5	Vitaminas do complexo B	17
4	MATERIAL E METÓDOS	21
4.1	Plantio do milho e ensilagem	21
4.2	Animais, delineamento e dietas experimentais	21
4.3	Comportamento alimentar	24
4.4	Coleta de sangue, fezes e parâmetros fecais	24
4.5	Abate e histologia das papilas ruminais	26
4.6	Análises bromatológicas	27
4.7	Análises estatísticas	28
5	RESULTADOS	29
6	DISCUSSÃO	33
7	CONCLUSÕES	39
	ANEXO I	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1 INTRODUÇÃO

Dentro do sistema de produção de bovinos de corte no Brasil, o confinamento vem aumentando ao longo dos anos, em especial na fase de engorda (SILVESTRE; MILLEN, 2021). A maior parte dos custos em confinamento são referentes a alimentação (SILVESTRE; MILLEN, 2021). A instabilidade de preços das commodities agrícolas e sua disponibilidade tem elevado o custo das dietas brasileiras (ICBC, 2022). Dessa forma, é essencial buscar máxima eficiência nessa fase.

Nos últimos 12 anos o nível de inclusão de fontes de fibras em dietas de confinamento reduziu, aproximadamente, 42% (SILVESTRE; MILLEN, 2021). Os grãos de cereais representam a principal fonte de energia em rações de confinamento (PINTO; MILLEN, 2019), por isso dietas com teores mais altos de grãos (relação volumoso: concentrado < 20:80), propiciam maiores taxas de ganho de peso, melhor conversão alimentar, carcaças com melhor acabamento e de maior rendimento e menores custos operacionais no confinamento (ARRIGONI et al., 2013). Nesse sentido é crescente a demanda por dietas de alta densidade energética, apesar dos grandes desafios envolvidos na utilização dessas técnicas.

Dietas com alta densidade energética (concentrações de amido acima de 50% de matéria seca - MS), extensivamente processadas física e quimicamente (pequeno tamanho de partícula; ensilagem dos grãos) e com alta fermentação ruminal, alteram a população microbiana e aumentam a produção de ácidos graxos no rúmen. Essas dietas podem aumentar o risco de distúrbios digestivos e uma sobrecarga do fígado (BROWN, 2006; NAGARAJA, 2007), comprometendo o desempenho animal. Outro problema seria causar uma acidose subaguda (SARA), caracterizada por quedas repetitivas no pH ruminal a valores menores do que 5,8 (NAGARAJA, 2007).

Para evitar tais impactos negativos, podemos empregar algumas estratégias, como adicionar uma quantidade mínima de fibra na dieta de bovinos de corte, se atentar ao tamanho dessa fibra e evitar que haja deficiência de nutrientes para esses animais em confinamento. O tamanho de partícula da fibra está relacionado com sua efetividade em promover mastigação e ruminação, por isso, com uma menor inclusão de fonte de fibra nas dietas, aumentar o tamanho de suas partículas pode garantir um bom funcionamento do rúmen (GENTRY et al., 2016).

O aumento no tamanho de partícula da silagem de milho (24 mm) poderia ser usado como parâmetro para uma inclusão mínima de fibra na dieta, auxiliando nutricionistas a minimizarem perdas no desempenho animal e problemas metabólicos advindos das baixas

inclusões de fontes de fibras nesses sistemas. Weiss et al. (2017), concluíram que usar uma dieta com menor inclusão de colmos de milho (5% MS) e maior tamanho de partícula (colmos moídos uma vez através de uma peneira de 7,62 cm), pode estimular a ruminação no mesmo nível de uma com maior inclusão (10% MS) e tamanho de partícula menor (colmos moídos duas vezes através de uma peneira de 7,62 cm).

Outro ponto a ser levantado seria o resultado de alguns estudos (HALL,1995; ENGLE et. al., 2002), argumentado que não há necessidade de suplementação complementar, de vitaminas (Vit.) B e micro minerais em terminação de bovinos de corte. Contudo houve grandes avanços no melhoramento genético e nos ajustes das exigências de energia e proteína destes animais ao longo dos anos (ACEDO et al., 2018). Por isso a suplementação complementar de Vit. B, cobre (Cu) e zinco (Zn) pode trazer efeitos benéficos para os animais, considerando que as recomendações disponíveis na literatura de vitaminas e minerais para bovinos de corte em terminação são, em sua grande maioria, de estudos desenvolvidos entre as décadas de 1960 e 1980 (ACEDO et al., 2018).

A suplementação com Vit. B protegidas da degradação ruminal é uma opção a ser utilizada na dieta de bovinos de corte, com foco em melhorar a eficiência do metabolismo no fígado, com consequências benéficas no desempenho do animal. Outra tecnologia que pode ser utilizada associada a esse composto, são os hidroxí-minerais, fonte de Cu e Zn, sendo que os microminerais são essenciais para diversas funções biológicas necessárias para o adequado funcionamento do sistema imunológico dos animais (ENGLE et. al., 2002).

Dessa forma, objetivou-se determinar o efeito do tamanho de partícula (13 mm ou 24 mm) de silagem de planta inteira de milho, associada ou não com a suplementação de um *blend* mineral-vitamínico, contendo hidroxí-minerais (Cu e Zn) e Vit. B protegidas da degradação ruminal (tiamina, ácido pantotênico, piridoxina, biotina, ácido fólico e cobalamina) sobre o comportamento alimentar, histologia de papilas ruminais, parâmetros fecais e sanguíneos de novilhas Nelore em confinamento na fase de terminação.

2 HIPÓTESE

A inclusão de silagem de planta inteira de milho (19,5% MS) com maior tamanho de partícula (24 mm) associada a inclusão de um complexo de vitaminas B protegidas da degradação ruminal (tiamina, ácido pantotênico, piridoxina, biotina, ácido fólico e cobalamina) e hidróxi-minerais (Cu e Zn) na dieta, aumentariam a imunidade e saúde animal consequentemente aumentando o desempenho de novilhas Nelore em confinamento na fase de terminação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Tamanho das partículas de forragem para bovinos de corte em confinamento

O fornecimento de fibra para bovinos de corte em confinamento é nutricionalmente importante, por estimular a mastigação, ruminação e contrações retículo-rúmen. A mastigação/ruminação do ruminante é estimulada pela efetividade da porção fibrosa da planta, representada pela fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), composta pelas frações da celulose e da hemicelulose associadas com a lignina (SILVA; NEUMANN, 2013). A saúde dos ruminantes depende diretamente de concentrações mínimas de fibra na ração que permitam manter a atividade de mastigação, ruminação e motilidade do rúmen (SILVA, 2013).

O nível e forma da fibra ingerida são os principais fatores que interferem na duração e intensidade da ruminação. A saliva dos ruminantes é rica em íons bicarbonato e fosfato que contribuem para remoção dos íons H⁺ através da alcalinização (aumento do pH ruminal) e tamponamento (resistência a variações de pH) (ALLEN, 1997). Um aumento da ruminação pelo animal estimula a produção de saliva, ocasionando o tamponamento e diluindo o conteúdo ruminal. O sistema bicarbonato remove íons H⁺ através da desidratação do ácido carbônico, em uma reação que produz água e dióxido de carbono, e o sistema fosfato remove íons hidrogênio na forma de dihidrogênio fosfato (ALLEN, 1997).

As características físicas da parede celular, o tamanho de partículas, o tecido de origem, a forma, a flutuação e gravidade específica no rúmen, afetam a taxa com que as partículas são degradadas e que passam pelo trato digestório (WILSON, 1993). Portanto a formulação de dietas que considerem apenas a concentração de FDN da ração pode gerar riscos por desconsiderar a importância de características físicas dos alimentos (tamanho de partícula) sobre a atividade de mastigação, fluxo de saliva e fermentação ruminal.

A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDN_{fe}) de um alimento corresponde às propriedades físicas da FDN (principalmente tamanho de partículas) que estimulam mastigação e estabelecem uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal, contribuindo para formação de uma camada flutuante de partículas grandes, denominadas de "*mat*", sobre um *pool* de líquido, e partículas pequenas (MERTENS, 1997). O valor de FDN_{fe} dos alimentos está relacionado à concentração de FDN e variação no tamanho de partícula, sendo esses fatores críticos para estimulação da ruminação e motilidade do rúmen (MERTENS, 1998).

As partículas mais longas de forragem promovem uma maior atividade mastigatória durante a alimentação e ruminação dos bovinos, o que aumenta a secreção de saliva, desse modo ajudando

a elevar o pH ruminal. Elas também criam uma digesta flutuante no rúmen, que estimula contrações retículo-rúmen e a passagem da digesta no rúmen. Sem estes movimentos de mistura, o rúmen pode ficar estagnado diminuindo a absorção de ácidos graxos voláteis e a taxa de passagem, e conseqüentemente diminuindo o pH ruminal (GENTRY et al., 2016).

Gentry et al. (2016) concluíram que o maior tamanho de partícula de colmos de milho (colmos moídos uma vez através de uma peneira de 7,62 cm) aumenta o tempo de ruminação independentemente da taxa de inclusão. Incluir forragens com um tamanho de partículas maior pode melhorar a capacidade de tamponamento do rúmen. Park et al. (2015) também relataram um aumento no número total de mastigações em relação ao aumento do tamanho de partículas em dietas de bois em terminação. O aumento no tamanho das partículas de forragem, pode ser um meio para diminuir a inclusão de forragem, mantendo a ruminação e desempenho de bovinos de corte em confinamento (TEIMOURI et al., 2004; LOURDES et al., 2020).

Algumas limitações podem ocorrer para aumentar o tamanho das partículas de forragens, tais como a obtenção de um tamanho de partícula consistente, capacidade do maquinário para lidar com um tamanho de partícula maior sem prejudicar o processamento dos grãos (no caso de silagem de milho) e o potencial selecionamento de partículas no cocho feito pelos animais. O tamanho ideal de partícula de forragem nas dietas de terminação não é bem definido, mas em teoria, o melhor tamanho de partícula é aquele que promove a ingestão, estimula a ruminação, mantém o desempenho animal desejável e evita possíveis eventos acidóticos.

3. 2 Microminerais – Cobre (Cu) e Zinco (Zn)

As exigências de minerais para bovinos em confinamento são altamente dependentes do nível de produtividade. Maiores taxas de crescimento exigem também maiores quantidades de minerais. Com isso, práticas de manejo que levam à maior taxa de crescimento dos animais implicam em maior atenção quanto à nutrição mineral.

Os microminerais atuam principalmente como cofatores enzimáticos (cobre) e contribuindo de forma estrutural ou funcional para a atividade de enzimas (zinco). Além dessas funções, os minerais estão envolvidos de forma indireta no metabolismo do animal. O requerimento de minerais pelos microrganismos do rúmen, para seu crescimento e metabolismo, é um fato importante. A baixa concentração ou disponibilidade de certos minerais pode deprimir as atividades microbianas relacionadas com a digestão da fibra da forragem e a síntese de proteína (MCDOWELL, 2001), reduzindo o suprimento de nutrientes para o animal. Além disso, várias metaloenzimas, nas quais se incluem glutathiona peroxidase (selênio - Se),

catalase (Ferro - Fe) e dismutase superóxido (Cu, Zn e manganês - Mn), são também importantes na proteção dos componentes celulares internos contra danos causados por substâncias oxidativas, portanto o equilíbrio dietético e tecidual desses nutrientes exerce importante função protetora dos tecidos contra radicais livres (MCDOWELL, 2001).

A disponibilidade, absorção e utilização dos minerais são sensíveis às interações orgânicas e inorgânicas, entre componentes da dieta. Sendo assim, a disponibilidade e utilização metabólica de minerais dependem de sua passagem pelo rúmen, assim como suas interações com a microbiota que pode afetar a sua posterior liberação e transformação (MENDONÇA JÚNIOR et al., 2011).

A forma química de um micro mineral (óxido, sulfato, orgânico) impacta no seu status, possivelmente porque existem diferenças na sua disponibilidade, absorção e metabolismo no tecido animal. Alguns estudos mostraram (DURAND; KAWASHIMA, 1980; FAULKER; WEISS, 2017) que a suplementação animal com formas de minerais orgânicos pode ter uma biodisponibilidade maior que os 100% inicialmente atribuídos aos sulfatos. Isso ocorre porque a liberação controlada aumenta a probabilidade de o mineral chegar ao sítio de absorção nos enterócitos.

Os hidróxi-minerais são complexos de metal inorgânico hidrolisados, neutros, inertes e insolúveis em água, com possibilidade de serem utilizados em doses mais altas como promotor de crescimento. Essa estrutura utiliza o mesmo tipo de ligações químicas covalentes presentes nos minerais orgânicos, não promovem oxidação em *premix* ou rações, além de conferirem menor reatividade de maneira equivalente aos minerais orgânicos (IntelliBond®-Micronutrientes Inc., Indianapolis, IN, USA, 2015). Estas ligações covalentes, são suficientemente fortes para limitar as reações antagonistas evitando a rápida dissociação no trato superior, mas suficientemente fracas para facilitar a absorção do metal no sítio desejado do trato digestório dos animais, com liberação lenta e gradual no local desejado.

O Cu e Zn são considerados essenciais para o melhor funcionamento do sistema imunológico (SILVA, et al., 2017). A deficiência de Cu pode resultar em um decréscimo das células produtoras de anticorpos, diminuindo a resposta imune (MCDOWELL, 1999). O Zn é um elemento que exerce importante função no sistema imunológico e tem sido relacionado praticamente com todos os aspectos de imunidade (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2011).

Alguns autores (CAO et al., 2000; SPEARS et al., 2004) mostraram que as formas hidróxi-minerais de Cu e Zn são relativamente insolúveis em condições de pH ligeiramente ácidas, enquanto as formas sulfato de Cu e Zn são quase completamente solúveis em água e ácido. Maiores concentrações solúveis de Cu e Zn no ambiente ruminal podem diminuir a

digestão da fibra no rúmen (DURAND; KAWASHIMA, 1980). Weiss et al. (2017) mostraram uma tendência para a digestibilidade da FDN ser maior em bois suplementados com fontes de hidróxi-minerais em comparação a fontes de sulfato mineral, possivelmente por estar relacionado com as concentrações inferiores de micro minerais solúveis no rúmen, observadas em bois suplementados com hidróxi-minerais.

Vacas holandesas em lactação suplementadas com micro hidróxi-minerais (HTM) tinha maior digestibilidade da FDN do que quando suplementadas com fontes de sulfato (STM) (FAULKNER; WEISS, 2017). Os autores sugeriram que o impacto do micro mineral na digestão de fibras pode ser devido a diferenças na solubilidade ruminal de Cu e Zn. Estudos mais recentes com vacas leiteiras lactantes também indicaram que a substituição de STM por HTM melhora a digestibilidade da FDN (DANIEL et al., 2020; MILLER et al., 2020).

3.3 Cobre (Cu)

O principal órgão de reserva de Cu é o fígado, onde as concentrações sofrem influência das concentrações dietéticas. As funções do cobre no organismo estão relacionadas com a ativação de uma série de enzimas, a exemplo do citocromo oxidase, ceruloplasmina e superóxido dismutase (MCDOWELL, 2003).

A absorção de Cu em ruminantes é considerada baixa. Bezerros absorvem cerca de 70% do Cu presente na dieta, enquanto um bovino adulto absorve de 1 a 5% (NRC, 2016). Isso se deve, em grande parte, pelas complexas interações que ocorrem no ambiente ruminal. Diversos fatores afetam a absorção de Cu em ruminantes, como a alta concentração de molibdênio (Mo) e enxofre (S) na dieta, que são capazes de interagir com o Cu formando tiomolibdatos, sendo este um complexo insolúvel, que torna o Cu indisponível para absorção (SUTTLE, 1991).

Costa e Silva et al. (2015a) observaram consumo médio de Cu igual a 83,5 mg/dia, com a retenção de Cu de 25,4 mg/dia, apenas 30,4% do que foi consumido é realmente retido no corpo dos animais. Em contrapartida, 65,7% do que foi consumido é em média excretado nas fezes enquanto 3,8% são excretados na urina. Nesse sentido, Sathler (2015), avaliando a inclusão de microminerais na dieta de machos Nelore, observou que a excreção fecal de Cu variou de 38,2 a 61,2% do que foi consumido, dependendo do fornecimento ou não, de macrominerais e/ou microminerais.

Evidências sugerem que a interação entre MO e sulfeto formam tiomolibdatos no rúmen (SUTTLE, 1991). Acredita-se que o Cu reage com tiomolibdatos no rúmen formando complexos insolúveis que tem baixas absorções. Tiomolibdatos podem gerar uma forte ligação

do Cu ao plasma da albumina ficando indisponível para funções bioquímicas. Também pode ocorrer redução na absorção ruminal de Cu quando o cálcio (Ca) é adicionado à dieta (DICK, 1954; KIRCHGESSNER; WESER, 1965). Sathler (2015) verificou que, dependendo da suplementação mineral, a absorção de Cu no rúmen, intestino delgado e intestino grosso varia conforme a inclusão ou não de macrominerais e/ou microminerais.

Deficiência de Cu reduz o número de neutrófilos circulantes. Uma diminuição da atividade bactericida pode ocorrer no início do desenvolvimento de deficiência de Cu em bovinos e ovinos. Ovelhas deficientes em Cu aumentaram a mortalidade por infecção bacteriana (CHEW, 2000). Alguns sinais que podem ser atribuídos a deficiência de cobre, são: anemia, redução no crescimento, despigmentação, insuficiência cardíaca, diarreia. A deficiência de Cu também diminui a habilidade de alguns neutrófilos em matar fungos (BOYNE; ARTHUR, 1981).

À medida que o animal cresce, as exigências líquidas de Cu para ganho de peso aumentam. Os requerimentos de Cu podem variar de 4 até mais de 15 mg/kg na dieta com base na MS, dependendo em grande parte da concentração do Mo e S (NRC, 2016). Mullis et al. (2003) estimaram as exigências dietéticas de Cu para novilhas das raças Angus e Simental como sendo 7 mg/kg de MS. De acordo com o NRC 2016 a recomendação de Cu em dietas de bovinos em terminação é de 10 mg/kg, fornecendo quantidades adequadas de Cu se a dieta não exceder 0,25 mg/kg de S e 2 mg/kg de Mo.

3.4 Zinco (Zn)

O Zn é um elemento que exerce importante função no sistema imunológico e tem sido relacionado praticamente com todos os aspectos de imunidade de bovinos. As funções do Zn no organismo estão principalmente relacionadas à ação enzimática, seja por compor a forma ativa ou por atuar na ativação da enzima em questão. O Zn participa como cofator ou ativador de várias enzimas, principalmente DNA e RNA polimerases, sendo participante de processos de proliferação celular e síntese de proteínas. O desenvolvimento e a funcionalidade do sistema imune também são dependentes de Zn. Quando ativado, o sistema imunológico sofre rápida proliferação celular e síntese de proteínas, o que estes exigiriam mais compostos de Zn.

A deficiência nutricional de Zn é constantemente associada com maior morbidade e mortalidade (MCDOWELL, 2001), podendo resultar em uma diminuição na concentração de linfócitos no sangue e atrofia do baço e timo (FRAKER; KING, 1998). A resposta imune a microrganismos patogênicos proporciona declínio na concentração de Zn no sangue. O Zn é

necessário para manter atividade enzimática do óxido nítrico induzível sintase e, portanto, a produção de óxido nítrico (MOCHEGANI et al., 2000). O óxido nítrico é importante em macrófagos para matar bactérias, fungos e protozoários (ABBAS et al., 2015). A incidência de pododermatite de novilhos em terminação durante um estudo (112 dias) foram 20%, 7% e 0%, sendo as dietas, controle, óxido de zinco e Zn metionina de novilhos suplementados, respectivamente (GREENE et al., 1988).

Deficiência de Zn também pode enfraquecer a primeira linha de defesa para a infecção, da pele e outros tecidos. Sendo necessário para a síntese e maturação de queratina (MACHEN et al., 1996). Níveis adequados de Zn na dieta tem sido reconhecido como necessário para a cicatrização de feridas. Em animais deficientes, a suplementação de Zn aumenta a taxa de reparação de tecidos epiteliais e mantém a integridade celular (MACHEN et al., 1996). Um estudo em 2.080 rebanhos leiteiros na França e na Bélgica (n = 10.325 animais) teve o status de Zn avaliado com base no plasma, e a falta de Zn foi associado a problemas de locomoção, menor crescimento e diarreia em bezerros (ENJALBERT et al., 2006).

Spears e Kegley (2002) alimentaram novilhos Angus (246 kg de PV inicial) em crescimento (à base de silagem) e em dietas de terminação (à base de milho) sem adição de Zn ou com suplementação de 25 mg kg/MS de óxido de zinco (ZnO) e dois diferentes proteínado de Zn e observaram que todas as três fontes de Zn aumentaram o ganho médio diário (GMD) durante o período de crescimento, bem como o grau de qualidade da carcaça.

A exigência para Zn na maioria das dietas de gado bovino é 30 mg/kg MS (NRC, 2016). Entretanto, animais estressados são considerados separadamente na publicação NRC e a concentração de Zn recomendada para estes é 75 a 100 mg/kg de MS. Isso reconhece que estes animais normalmente têm uma redução na ingestão de MS, e que Zn adicional pode ser necessário para a função imunológica ideal.

3.5 Vitaminas do complexo B

Em sistemas de produção intensiva de bovinos existe uma grande importância em fornecer concentrações de vitaminas adequadas para satisfazer as necessidades dos animais. As necessidades vitamínicas podem ser aumentadas em situações de confinamento alimentar onde maiores níveis de produção aumentam os requisitos metabólicos (NRC, 2016).

As vitaminas são moléculas orgânicas de estruturas complexas encontradas naturalmente nos alimentos ou na forma de precursores, responsáveis pelo controle de muitos processos metabólicos e requeridas em quantidades mínimas para a manutenção da saúde, crescimento e

reprodução dos ruminantes. Exceto pela vitamina B12, as vitaminas hidrossolúveis (Complexo B) não são armazenadas no organismo, exigindo um fornecimento quase que diário.

A suplementação de vitamina B, para ruminantes é ignorada convencionalmente, devido estudos anteriores relatarem que elas são sintetizadas em quantidades adequadas no rúmen por microrganismos ruminais. Entretanto, pesquisas recentes relataram que os principais organismos celulolíticos no rúmen têm necessidades específicas de certas vitaminas B (ASHWIN ET AL., 2018). Além das necessidades dos microrganismos ruminais, os bovinos de alta produção também necessitam de quantidade maior de vitaminas para manter sua produtividade e saúde (ASHWIN et al., 2018).

Os bovinos podem apresentar sinais clínicos decorrentes da ausência dessas vitaminas em sua dieta, como por exemplo, raquitismo, retardo de crescimento, problemas de casco, função imune debilitada, distrofia muscular, mastite e baixa fertilidade. Outro ponto importante que impacta diretamente na lucratividade do produtor são as limitações em desempenho produtivo e reprodutivo observadas em animais deficientes nesses nutrientes, que passam a apresentar queda na produção e na qualidade da carne e leite.

A maioria dos microrganismos do rúmen requerem uma ou mais vitaminas do complexo B para o seu desenvolvimento ou em muitos casos, a vitamina atua como fator estimulante do crescimento. Os requerimentos diferem individualmente e nem todos os microrganismos sintetizam todas as vitaminas do complexo B, aquelas que são sintetizadas por algumas espécies de microrganismos ruminais, satisfazem o requerimento de outras espécies e vice-versa, esse fenômeno é chamado de “alimentação cruzada” (ZEOULA; GERON, 2011), dessa forma uma quantidade pequena de vitaminas do complexo B serão destinadas ao fígado para cumprir suas funções nas reações metabólicas.

As vitaminas B estão envolvidas na eficiência metabólica energética e proteica do ruminante e sua suplementação pode resultar em melhor desempenho do animal. Um estudo foi realizado no México, para avaliar o desempenho de bovinos de corte nos primeiros dias de confinamento, suplementados com um *blend* de vitaminas B protegidas no rúmen, durante um período de adaptação de 21 dias (LECLERC et al., 2015). Foram utilizados dois tratamentos: O grupo controle onde não teve nenhuma suplementação de vitaminas B e o grupo suplementado com 2 g/cabeça/dia de vitaminas B protegidas no rúmen (ácido fólico, piridoxina, ácido pantotênico e biotina; (Jefo Nutrition, St-Hyacinthe, Quebec, Canadá, 2015). A inclusão do *blend* de vitaminas B protegidas na dieta melhorou significativamente o ganho de peso total (46,26 vs. 42,40 kg; $P < 0,05$), ganho médio diário (2,20 vs. 2,01 kg; $P < 0,05$) e conversão alimentar (3,90 vs. 4,33; $P < 0,05$); sem afetar a ingestão média de matéria seca.

O estresse aumenta a exigência de algumas das vitaminas B, devido a maiores necessidades metabólicas e mudança na prioridade metabólica de nutrientes. A suplementação dietética de uma mistura de vitaminas B protegidas no rúmen, especialmente formuladas para o período de adaptação, é uma ferramenta importante para melhorar a eficiência metabólica do animal, promover maiores ganhos e melhor eficiência alimentar (LECLERC et al., 2015). Dentre as vitaminas do complexo B, podemos citar:

a) Tiamina (B1)

A tiamina na sua forma ativa, intervém no metabolismo normal dos glicídios como coenzima da oxidase do ácido pirúvico e da oxidase do ácido alfa-cetoglutarico. Esta intervém na descarboxilação oxidativa destes ácidos carbônicos, transformando ácido pirúvico em ácido acético ativado (acetil coenzima A), o ácido alfa-cetoglutarico é transformado em ácido succínico ativado. O acetil coenzima A tem um papel fundamental no metabolismo celular e, por outro lado, vai constituir o ciclo do ácido cítrico. O ácido acético ativado constitui o elemento básico para a formação dos ácidos graxos e dos esteróis, necessários para a transformação de glicídios e lipídios (ANDRIGUETTO et al., 1982).

b) Ácido pantotênico (B5)

A vitamina B5 é componente da coenzima A, um composto que atua em mais de 80 reações metabólicas e é um composto chave no equilíbrio do organismo, está presente na síntese de lipídios, proteínas e carboidratos, e pode ser também componente da coenzima de síntese de ácidos graxos (DORIVAL, 2012; PEREIRA, 2015), participando do metabolismo energético do animal.

c) Piridoxina (B6)

Mais de 50 enzimas são conhecidas como dependentes da vitamina B6, como coenzima. Na forma de piridoxal fosfato, está intimamente ligada ao metabolismo dos aminoácidos, gorduras e na produção de energia pelo ciclo de Krebs. O piridoxal fosfato participa das reações de transaminação, descarboxilação e no transporte de aminoácidos, por meio das membranas celulares.

A vitamina B6 está envolvida em muitas reações adicionais, participando de algumas funções, tais como deaminase, conversão do ácido linoleico e araquidônico no metabolismo de ácidos graxos essenciais, síntese de epinefrina e norepinefrina, incorporação do ferro na síntese de hemoglobina e transporte de aminoácidos.

d) Biotina (B7)

A biotina está envolvida na síntese de ácidos graxos de cadeia longa e na gliconeogênese, atuando no transporte do dióxido de carbono de reações enzimáticas (McDOWELL, 2001). Essa vitamina é um cofator importante no desenvolvimento de tecidos cornificados, pois está envolvida na diferenciação dos queratinócitos, formação dos pontos dissulfeto. A deficiência de biotina ocasiona comprometimento quantitativo e qualitativo na produção de queratina (MULLING et al., 1999).

É de grande importância para a lipogênese, a gliconeogênese e para o catabolismo de aminoácidos de cadeia ramificada. As principais bactérias que degradam a celulose (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* e *Ruminococcus albus*) requerem biotina para crescimento. No metabolismo proteico, a biotina é importante na síntese de proteínas e de purinas, deaminação de aminoácido e no metabolismo de ácido nucléico. Estudos clínicos com bovinos de corte, ovinos e vacas leiteiras relatam melhora na saúde dos cascos quando os animais foram suplementados com 10 a 20 mg de biotina/dia (CAMPBELL et al., 2000; HEDGES et al., 2001; BERGSTEN et al., 2003; SILVA et al., 2010).

e) Ácido fólico (B9)

O ácido fólico, é essencial para a síntese de ácidos nucleicos para a síntese de material genético como DNA, proteínas do sistema imune (participando da formação de células vermelhas) e síntese proteica. Esta enzima é ativada na presença da vitamina C, e tem forte papel na atividade da vitamina B12 (DORIVAL, 2012).

Para funcionar como transportador de unidade de carbono, a B9 precisa ser reduzida primeiro a ácido diidro-fólico e, após, a ácido tetraidro-fólico (THF). O ácido THF funciona como um receptor e transportador de unidades de carbono, as reações envolvidas são síntese de bases púricas e pirimidínicas, síntese de proteína, síntese de serina e síntese do grupo metílico.

f) Cobalamina (B12)

A vitamina B12, atua como coenzima de três reações metabólicas, na mitocôndria e no citosol. Sua função envolve o metabolismo de ácidos nucleicos e proteínas, carboidratos e gorduras (DORIVAL, 2012). Seu papel é sintetizar purina e pirimidinas, transferir grupos metil, formação de proteínas, além do metabolismo do propionato, importante para os ruminantes. A função geral da vitamina B12 é promover a síntese de células vermelhas e de manter a integridade do sistema nervoso (LIMA et al., 2005).

4 MATERIAL E METÓDOS

4.1 Plantio do milho e ensilagem

A lavoura de milho foi formada utilizando o híbrido LG36770 em sistema de plantio direto em uma área total de 10,6 ha na Universidade Federal de Lavras. Foram realizadas adubações no plantio utilizando NPK 08-28-16, uma adubação com ureia e micronutrientes na cobertura, e aplicação de herbicida e inseticida. A lavoura de milho foi colhida com uma máquina autopropelida do tipo *Claas Jaguar 870 Orbis 600*, possuindo um *cracker* para processamento de grãos, ajustados para 1,3 mm entre os rolos de processamento. Dois silos trincheiras foram confeccionados, contendo silagem de planta inteira de milho (SM) colhida em dois tamanhos de partícula: silo A: abastecido com silagens colhidas a 13 mm (partícula CURTA) e silo B: abastecido com silagens colhidas a 24 mm (partícula LONGA). Durante a colheita do milho, os tamanhos de partículas foram intercalados para que a ensilagem fosse padronizada e não houvesse influência da lavoura de milho sobre o resultado de cada silo. No processo de ensilagem, foram coletadas amostras para avaliação de distribuição de partículas utilizando o conjunto de *Penn State Particle Separator (PSPS)*, sendo apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição de partículas na PSPS e KPS da planta de milho no momento da ensilagem.

	13 mm	24 mm
<i>Peneiras</i> , % matéria natural		
19 mm	9,56	35,04
8 mm	66,89	39,30
4 mm	14,08	15,34
Fundo	9,44	10,32
KPS, %	73,93	72,75

4.2 Animais, delineamento e dietas experimentais

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no setor de Bovinos de Corte do Departamento de Zootecnia da UFLA. Foram utilizadas 96 novilhas da raça Nelore, com idade média de 20 ± 5 meses e peso vivo médio de 258 ± 55 kg. As novilhas foram alocadas aleatoriamente em 32 baias contendo 3 animais por baia, onde as baias foram as unidades experimentais, com tamanho de 4×10 m. No início do experimento os animais

foram tratados com ivermectina (1 mL para cada 50 kg de PV), vacina de clostridiose (3 mL por animal) e vacina contra febre aftosa.

Os tratamentos experimentais consistiram em: (1) *CURTA COM BLEND (CB)* – SM colhida a 13 mm com adição do *blend* mineral-vitamínico, contendo vitaminas do complexo B protegidas da degradação ruminal: Tiamina (B1), ácido pantotênico (B5), piridoxina (B6), biotina (B7), ácido fólico (B9) e cobalamina (B12) e hidroxí-minerais: cobre e zinco; (2) *CURTA CONTROLE (CC)* – SM colhida a 13 mm sem adição do *blend* mineral-vitamínico; (3) *LONGA COM BLEND (LB)* – SM colhida a 24 mm com inclusão do *blend* mineral-vitamínico; (4) *LONGA CONTROLE (LC)* – SM colhida a 24 mm sem adição do *blend* mineral-vitamínico.

O período experimental ocorreu entre os meses de julho a outubro de 2021, com 15 dias de adaptação seguidos de 88 dias de dieta final, totalizando 103 dias de confinamento. O protocolo de adaptação adotado foi o *step up* (Tabela 2), onde a única mudança ocorreu na substituição parcial, a cada 5 dias, de SM por silagem de grão de milho reidratado (MR). O protocolo de adaptação *step up* foi dividido em 3 etapas, sendo elas: *Step 1* – inclusão de 50% de SM e 8,6% de MR nos primeiros 5 dias de confinamento; *Step 2* – Do 6° ao 10° dia de confinamento, 40% de SM e 18,6% de MR; *Step 3* – Do 11° ao 15° dia de confinamento, 30% de SM e 28,6% de MR. A dieta final (19,5% de SM e 39,1% de MR) foi fornecida aos animais a partir do 16° dia de confinamento.

Tabela 2. Proporção de ingredientes nas dietas do período de adaptação e dieta final.

Ingredientes (% da MS)	Step 1	Step 2	Step 3	Dieta final
Silagem de milho	50,00	40,00	30,00	19,50
Milho moído	26,30	26,30	26,30	26,30
Silagem de milho reidratado	8,60	18,60	28,60	39,10
Farelo de algodão	7,10	7,10	7,10	7,10
Farelo de soja	3,95	3,95	3,95	3,95
Ureia	0,85	0,85	0,85	0,85
Núcleo	3,20	3,20	3,20	3,20

As dietas experimentais foram formuladas segundo o NASEM (2016) para bovinos da raça Nelore com ganhos preditos de peso de 1,4 kg/dia. As dietas foram fornecidas *ad libitum* duas vezes ao dia, às 07h00 (60% da dieta) e às 16h00 (40% da dieta), permitindo até 3% de sobras em relação ao consumo de matéria seca (CMS) de cada baia. A quantidade diária de alimento fornecido foi regulada com a realização de escore de cocho todos os dias antes do

primeiro trato. As composições das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 3, e as composições dos núcleos estão apresentadas como Anexo no final do trabalho.

O concentrado foi misturado separadamente contendo os seguintes ingredientes: milho grão moído, farelo de algodão, farelo de soja, núcleo e ureia e então armazenados em sacos de 30 kg. No momento do fornecimento da dieta aos animais, era pesado o concentrado, SM e o MR de acordo com o CMS de cada baia e posteriormente feita a mistura manualmente no cocho.

Tabela 3 - Proporção dos ingredientes, composição química e distribuição de partículas das dietas experimentais.

	13 mm		24 mm	
	CC	CB ²	LC	LB ²
Ingredientes, % da MS				
Silagem de milho 13 mm	19,50	19,50	-	-
Silagem de milho 24 mm	-	-	19,50	19,50
Silagem de milho reidratado	39,10	39,10	39,10	39,10
Milho moído	26,30	26,30	26,30	26,30
Farelo de algodão	7,10	7,10	7,10	7,10
Farelo de soja	3,95	3,95	3,95	3,95
Ureia	0,85	0,85	0,85	0,85
Núcleo	3,20	3,20	3,20	3,20
Composição química				
Matéria seca, %	56,9	55,1	56,9	58,0
Cinzas, %MS	4,23	4,06	4,64	4,18
FDN, %MS	19,6	21,0	16,8	18,2
Proteína bruta, %MS	14,0	13,8	13,9	14,7
Amido, %MS	51,7	51,7	52,4	52,4
Gordura, %MS	2,68	2,61	2,91	2,88
Distribuição de partículas, % MN				
19 mm	1,19	0,97	2,45	2,33
8 mm	15,1	15,8	16,7	17,1
4 mm	15,2	16,7	12,1	12,4
Fundo	68,6	66,5	68,7	68,3
FDNfe (> 4 mm)	7,5	8,0	7,8	8,0

² Complexo Vit. B: Tiamina (3,49mg), ácido pantotênico (17,67mg), Piridoxina (11,29mg), Ácido fólico (1,92mg), Cobalamina (176,75mcg), Biotina (1427,26mcg). Inclusão adicional dos minerais Zn (84,01mg) e Cu (22,6mg) na forma de hidróxi-minerais.

O percentual de FDN_{fe} da dieta foi estimado multiplicando-se a porcentagem de amostras maiores que 4 mm (peneiras 19 mm + 8 mm + 4 mm) pela porcentagem de FDN desse material (KONONOFF et al., 2003).

4.3 Comportamento alimentar

Os animais foram submetidos a duas observações visuais para avaliação do comportamento alimentar e amostras das sobras foram recolhidas para mensurar a seleção de partículas no cocho. As observações visuais ocorreram no 63^o e 85^o dia do experimento, iniciando às 06h00. Nos dias de avaliação foram feitas observações a cada 5 minutos durante um período de 24 horas interrompidas. Durante as observações o tempo gasto em ingestão (refeição), ruminação e outras atividades foram registrados.

A refeição foi definida como o tempo não interrompido em que o animal permanece no cocho consumindo a dieta. Foram coletadas amostras dos ingredientes, do fornecido e sobras para análises de MS, FDN e para determinar FDN_{fe} utilizando o separador de partículas PPS (LAMMERS et al. 1996). Os tempos gastos em refeição e ruminação foram usados para calcular a taxa de consumo de MS e taxa de ruminação, ambos expressos em minutos por quilograma de MS (MILLEN et al., 2021).

Foi realizado o sorteio (*sorting*) nos dias de comportamento de acordo com metodologia descrita por Leonardi e Armentano (2003) para avaliação de seleção de partículas no cocho. Os índices de seleção de partículas apresentados representam: índice 100, ausência de seleção, maior que 100, seleção a favor daquele tamanho de partícula e menor que 100, seleção contra aquele tamanho de partícula (LEONARDI; ARMENTANO, 2003).

4.4 Coleta de sangue, fezes e parâmetros fecais

Amostras de sangue foram coletadas na veia coccígea no fim do período experimental para mensurar os níveis de enzimas relacionadas ao metabolismo hepático: Aspartato aminotransferase (ATS), Gama-glutamil aminotransferase (GGT), Creatinequinase (CK), Glicose e Lactato.

O sangue foi coletado utilizando tubos comerciais (Vacutainer, 10 mL; Becton Dickinson, Franklin Lakes, EUA) sem heparina sódica. Após um período de 30 a 180 minutos para a formação do coágulo e a completa obtenção do soro, as amostras foram centrifugadas ($2.500 \times g$ por 30 min a 4°C), e transferidas para micro tubos posteriormente armazenados a -80°C . As mensurações foram analisadas por kits comerciais e as leituras foram realizadas em leitor de espectrofotômetro.

Foi realizado uma coleta *spot* de fezes em dois períodos de três dias consecutivos, onde foram coletadas fezes nos 58° , 59° e 60° dia de experimento (1° coleta) e nos 78° , 79° e 80° dia de experimento (2° coleta), do chão de cada baía imediatamente após a defecação, de todos os animais da baía. Para assegurar a representatividade e homogeneidade da coleta, as amostras foram coletadas nos seguintes horários: 1° dia – 14h00 e 18h00; 2° dia – 10h00 e 16h00; 3° dia – 08h00 e 12h00. As amostras foram compostas e homogeneizadas por baía, armazenadas em sacos plásticos e congeladas a -18°C .

Para determinação do pH fecal foi adicionado 15 g de fezes frescas (logo após a coleta) em tubos de teste contendo 10 mL de água destilada e homogeneizadas utilizando um vórtex (*Vortex-Genie 2, Vortexer Scientific Industries, Bohemia, NY*). O pH da amostra fecal foi registrado utilizando um medidor de pH portátil (*Thermo Orion model 230Aplus, Orion Research Inc., Beverly, MA*).

No dia seguinte de cada período de coleta, as fezes foram avaliadas quanto a sua consistência. Sendo selecionadas 3 amostras por baía e cada amostra era avaliada por três pessoas, onde cada um dava uma nota e no final era feito uma média por amostra. A medida de escore fecal (EF) foi determinada por avaliação visual utilizando uma escala de 1 a 5, caracterizada da seguinte forma: 1 = líquida: consistência líquida e espalha-se facilmente no impacto sobre o chão; 2 = mole: respinga moderadamente e difusamente no impacto com o solo; 3 = firme: mas não dura, amontoada, porém pastosa e ligeiramente dispersa e assentada no impacto com o solo; 4 = aparência dura: quando em contato com solo permanece de forma inalterada; 5 = dura: em formas de anéis (Adaptado de: IRELANPPERRY; STALLING, 1993).

Para análises de MS, cinzas, FDN, concentração de amido e nitrogênio as amostras de fezes foram secas em estufa com ventilação forçada (55°C) por 120 horas e processadas em moinho de facas (1 mm) do tipo Wiley.

4.5 Abate e histologia das papilas ruminais

Após o período experimental os animais foram transportados para um frigorífico comercial (Supremo Carnes, Campo Belo, MG, Brasil) para o abate. Foi utilizada a técnica de concussão cerebral e secção da veia jugular, seguido de remoção do couro e evisceração, conforme Instrução Normativa N° 4 de 31/03/2000 (MAPA, 2000).

Foram escolhidos aleatoriamente, antes do abate, um animal por baía ($n = 32$) para avaliação histológica das papilas ruminais. Fragmentos de $5 \times 5 \text{ cm}^2$ de cada rúmen foram coletados do saco ventral e colocado numa solução de formalina a 10% imediatamente após a coleta para medições histológicas microscópicas.

Após a chegada ao laboratório, as amostras de tecido foram processadas de acordo com Odongo et al. (2006). As amostras foram desidratadas, clarificadas com xilol, inclusas em parafina histológica em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ e por fim, foram confeccionados os blocos. Foram realizados cortes do material no micrótomo em secções de $5 \text{ }\mu\text{m}$, desparafinados com xilol, hidratados em concentrações decrescentes de álcoois, corados em hematoxilina e eosina, desidratados em concentrações crescentes de álcoois, clarificados com xilol e por fim selados, formando a lâmina histológica em questão.

As mensurações histológicas foram realizadas em 10% do número médio de papilas, utilizando-se o Analisador de Imagens *Leica Qwin*, contido no microscópio eletrônico de luz *Leica*, tendo sido as imagens de cada corte captadas por lentes objetivas em aumentos de $5\times$, $10\times$ e $40\times$ e digitalizadas por câmera para as análises de: comprimento, largura, área e espessura da camada queratinizada das papilas ruminais (Figura 1).

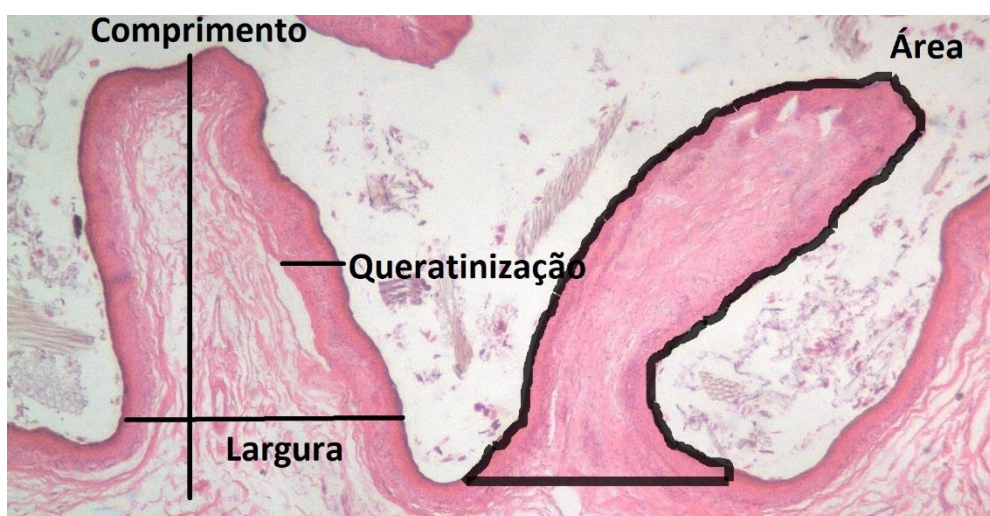


Figura 1. Representação das medidas de histologia das papilas ruminais.

4.6 Análises bromatológicas

Foram coletadas amostras diariamente dos ingredientes, das dietas experimentais e das sobras, para posteriores análises químicas. Estas amostras deram origem a uma amostra composta, feita a cada 7 dias de coleta, e após a secagem parcial em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, foram moídas em moinhos tipo Wiley com peneira de malha de 1 mm.

As análises químicas e bromatológicas seguiram os padrões do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA), publicadas por Detmann et al. (2012). As amostras da dieta total e das fezes foram analisadas quanto aos seus teores de MS (método INCT-CA G-003/1), cinzas (método INCT-CA M-001/1), PB (método INCT-CA N-001/1), FDN (método INCT-CA F-002/1) com a utilização de α -amilase e EE (método INCT-CA G-004/1). A digestibilidade do amido foi calculada de acordo com Zinn et al. (2007).

O amido das amostras (% MS) foi analisado conforme a metodologia proposta por Hall (2009). As determinações de amido das fezes e dietas foram feitas colocando-se em tubos de ensaio de 40 mL (0,50g de amostra). Nos tubos previamente pesados foram dispensados 30 mL de solução tampão de acetato de sódio (pH = 5,00 \pm 0,05 a 0,1 mol L⁻¹) e adicionada 0,2 mL da enzima α -amilase (*Novozymes, Termamyl 2X*). Todos os tubos de ensaio foram homogeneizados em vórtex. Posteriormente, foram colocados em banho-maria a 100 °C durante uma hora, com homogeneização dos tubos aos 10, 30 e 50 minutos de incubação. Em seguida foram retirados do banho-maria até atingirem temperatura ambiente. Adicionou-se 1 mL da enzima amiloglicosidase.

Os tubos foram novamente agitados e colocados em banho-maria a 50 °C, permanecendo durante 2 horas, sendo agitados após 1 hora de incubação. Após as 2 horas, os tubos foram colocados na bancada até atingirem temperatura ambiente. Posteriormente, os mesmos foram pesados (para correção do volume) e a solução transferida para tubos de 50 mL, e centrifugados. Posteriormente foram utilizados 10 μ L de cada tubo centrifugado para reagir com 1 mL de uma solução estável de um kit comercial de glicose GOD PAP (Laborlab, 06400), numa diluição de 1:100. Após 15 minutos de reação a 23 °C, fez-se a leitura em espectrofotômetro (*Shimadzu, UV – 1601 PC*) a 505 nm. Para cada reação foi feita uma curva padrão com solução de glicose padrão. Para cada ensaio utilizaram-se duas amostras padrões (amido puro e fubá de milho) e um branco.

4.7 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC) com arranjo fatorial 2×2 e o peso inicial foi utilizado como critério para formação das repetições. As baias foram consideradas como unidades experimentais desse estudo ($n = 32$), e cada tratamento foi replicado 8 vezes. Os dados sobre comportamento alimentar, histologia, parâmetros fecais e sanguíneos foram analisados com o PROC MIXED do *software* estatístico SAS 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). As médias dos tratamentos foram estimadas pelo “LSMEANS” e a comparação das médias pelo teste de Tukey, considerando $P \leq 0,05$ significativos e $P > 0,05$ a $P \leq 0,10$ como tendência, utilizando o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + A_j + (F \times A)_{ij} + e_{ijk}$$

Onde,

Y_{ijk} = valor da variável que recebeu o tamanho de partícula i com o aditivo j na k -ésima repetição;

μ = média geral;

F_i = efeito do tamanho de partícula i , para $i = 1, 2$;

A_j = efeito do aditivo/*blend* j , para $j = 1, 2$;

$(F \times A)_{ij}$ = efeito da interação entre o tamanho de partícula i com o aditivo j ;

e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijk}

5 RESULTADOS

O comportamento alimentar dos animais (Tabela 4) apresentou efeito apenas do tamanho de partícula ($P < 0,05$) sobre o consumo de FDN (Kg/MS). Os animais consumindo fibra longa (24 mm) tiveram em média um consumo de 2,65 Kg de FDN/MS, e os animais que consumiram fibra curta (13 mm) de 2,35 Kg de FDN/MS. As demais variáveis de comportamento alimentar analisadas não foram afetadas pelo tamanho de partícula nem pelo aditivo.

A seleção de partículas foi avaliada a partir dos resultados obtidos com a PSPS (Tabela 5). Não houve diferença significativa para tamanho de partícula entre os grupos experimentais. Os tratamentos sem a inclusão do *blend* tiveram uma preferência maior ($P < 0,05$) para as partículas retidas nas peneiras de 19 mm (110,75) e de 8 mm (109,85). Além disso, todos os tratamentos apresentaram consumo a favor das partículas retidas nas caixas de 19 e 8 mm, enquanto as partículas < 8 mm foram selecionadas contra por todos os tratamentos.

Tabela 4 - Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do *blend* mineral-vitamínico sobre o comportamento alimentar de novilhas Nelore em terminação.

	13 mm		24 mm		EPM	Valor-p		
	CC	CB	LC	LB		F	A	F*A
Consumo MS (kg)	9,5	9,5	9,5	10,2	0,44	0,244	0,210	0,801
Consumo FDN (kg/MS)	2,7	2,0	2,5	2,8	0,19	0,012	0,058	0,850
Ingestão (min)	162,3	168,4	175,2	179,8	9,99	0,233	0,596	0,942
Ingestão/kg MS	18,4	18,6	16,3	17,4	18,59	0,235	0,640	0,744
Ingestão/kg FDN	61,1	75,6	60,6	64,6	6,38	0,277	0,088	0,327
Ruminação (min)	187,3	212,0	187,2	212,2	16,27	0,996	0,127	0,995
Ruminação/kg MS	16,06	17,7	19,3	17,1	19,34	0,568	0,901	0,399
Ruminação/kg FDN	61,4	78,1	72,6	65,0	10,94	0,921	0,633	0,212
Mastigação (min)	359,9	389,8	388,9	391,2	25,07	0,548	0,526	0,587
Mastigação/kg MS	34,2	39,5	39,5	38,2	3,70	0,537	0,548	0,324
Mastigação/kg FDN	137,4	162,9	139,3	134,8	15,21	0,310	0,415	0,246

*letras distintas minúsculas nas linhas são estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

EPM: Erro padrão da média. CC: curta controle; CB: curta com *blend*; LC: longa controle; LB: longa com *blend*; F: Fibra; A: Aditivo/*blend*

Tabela 5 – Avaliação da seleção de partículas nas dietas experimentais.

	13 mm		24 mm		EPM	Valor-p		
	CC	CB	LC	LB		F	A	F*A
19 mm	111,6	108,6	109,9	106,3	1,54	0,186	0,031	0,832
8 mm	110,7	107,9	109,0	105,9	1,46	0,191	0,046	0,920
4 mm	39,7	34,7	32,2	28,9	4,54	0,135	0,344	0,847
Fundo	94,7	96,6	95,8	97,0	0,67	0,263	0,244	0,667

*letras distintas minúsculas nas linhas são estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

EPM: Erro padrão da média. CC: curta controle; CB: curta com *blend*; LC: longa controle; LB: longa com *blend*; F: Fibra; A: Aditivo/*blend*

Os efeitos das dietas experimentais sobre os parâmetros fecais das novilhas em confinamento estão descritos na Tabela 6.

Dentre as variáveis apresentadas, observou-se diferença significativa para o pH fecal ($P < 0,05$), onde os tratamentos com fibra longa apresentaram um maior pH (6,35) quando comparado aos tratamentos com fibra curta (6,23). Os valores de MS, FDN, Cinzas, amido, N e escore fecal não diferiram ($P > 0,05$) entre os grupos experimentais.

Tabela 6 - Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do *blend* mineral-vitamínico sobre os parâmetros fecais de novilhas Nelore em terminação.

Variáveis	13 mm		24 mm		EPM	Valor-p		
	CC	CB	LC	LB		F	A	F*A
MS, %	19,8	20,1	20,3	20,5	0,28	0,095	0,487	0,844
FDN, % MS	10,1	9,7	9,9	10,1	0,24	0,692	0,652	0,282
Cinzas, % MS	10,9	10,3	10,7	10,6	0,40	0,937	0,345	0,534
Amido, % MS	4,8	4,60	4,39	4,90	0,29	0,826	0,610	0,223
N, % MS	2,5	2,46	2,44	2,48	0,04	0,413	0,675	0,237
pH	6,29	6,18	6,33	6,36	0,08	0,018	0,355	0,088
Escore (1 a 5)	3,03	2,98	2,93	3,13	0,08	0,760	0,382	0,183

*letras distintas minúsculas nas linhas são estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

EPM: Erro padrão da média. CC: curta controle; CB: curta com *blend*; LC: longa controle; LB: longa com *blend*; F: Fibra; A: Aditivo/*blend*.

Para as variáveis histológicas (Tabela 7), a largura e área das papilas ruminais foram maiores para os grupos que consumiram fibra longa ($P = 0,040$), e a área das papilas foi maior ($P < 0,05$) para os animais que consumiram o *blend*. A medida de comprimento das papilas apresentou uma interação fibra \times aditivo ($P = 0,008$), as novilhas alimentadas com a dieta LB obteve maior comprimento (1,63 cm) em relação as outras que receberam as dietas LC (1,1 cm) e CB (1,09). A medida da espessura da camada queratinizada das papilas ruminais não teve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 7 - Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do *blend* mineral-vitamínico sobre a histologia das papilas ruminais de novilhas Nelore em terminação.

Variáveis	13 mm		24 mm		Valor-p			
	CC	CB	LC	LB	EPM	F	A	F*A
Largura, mm	0,4036	0,3939	0,4791	0,4812	0,05	0,040	0,920	0,874
Comprimento, mm	1,45a	1,09b	1,10b	1,63a	0,21	0,616	0,556	0,008
Área, mm ²	474,11	449,02	467,78	759,94	84,15	0,019	0,038	0,115
Queratinização, mm	0,0687	0,0627	0,0738	0,0762	0,008	0,156	0,786	0,517

*letras distintas minúsculas nas linhas são estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

EPM: Erro padrão da média. CC: curta controle; CB: curta com *blend*; LC: longa controle; LB: longa com *blend*; F: Fibra; A: Aditivo/*blend*

Observou-se efeito ($P < 0,05$) do *blend* e tamanho de partícula sobre as concentrações de GGT (U/L) e Glicose (U/L), respectivamente (Tabela 8). A concentração enzimática de GGT foi maior para os grupos controle (13,9 U/L) em comparação aos grupos com inclusão do *blend* (12,5 U/L). Os animais que consumiram o tamanho de partícula de silagem com 24 mm, apresentaram maior concentração de glicose (94,75 U/L) em relação aos tratamentos com partícula curta (81,5 U/L).

Tabela 8: Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do *blend* mineral-vitamínico sobre os parâmetros sanguíneos de novilhas Nelore em terminação.

	13 mm		24 mm		EPM	P-Valor		
	CC	CB	LC	LB		F	A	F*A
CK, U/L	113,34	108,42	132,00	187,18	38,8	0,122	0,913	0,992
GGT, U/L	13,74	12,56	14,03	12,49	0,55	0,837	0,013	0,736
ATS, U/L	8,06	8,83	8,70	9,09	0,56	0,417	0,296	0,733
Glicose, U/L	80,70	82,30	101,10	88,40	4,41	0,002	0,195	0,095
Lactato, U/L	1,72	1,80	1,80	1,84	0,18	0,610	0,849	0,895

*letras distintas minúsculas nas linhas são estatisticamente significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

EPM: Erro padrão da média. CC: curta controle; CB: curta com *blend*; LC: longa controle; LB: longa com *blend*; F: Fibra; A: Aditivo/*blend*

6 DISCUSSÃO

Com menores níveis de inclusão de volumoso na dieta de ruminantes, uma forma para otimizar a eficiência da forragem seria o aumento no seu tamanho de partícula, supondo que o “efeito fibra” de uma determinada forragem, principalmente nos níveis mínimos de inclusão dietética, aumenta com o comprimento da partícula (ZINN, 1990).

O aumento do tamanho das partículas pode ser um meio de diminuir a inclusão de fibra na dieta, manter o bom funcionamento do rúmen e o desempenho dos animais (GENTRY et al., 2016). No entanto, mesmo aumentando a proporção de componentes na peneira de 19 mm não foram observadas diferenças significativas nas variáveis de comportamento alimentar, com exceção do consumo de FDN (kg/MS).

O resultado do consumo de FDN (kg/MS) é uma diferença difícil a ser explicada. Uma vez que não houve diferença no CMS e o nível de inclusão de fibra foi o mesmo em todas as dietas. Um tamanho de partícula maior pode gerar uma digesta flutuante estimulando as contrações retículo-rúmen e elevando a taxa de passagem, permitindo ao animal consumir mais (MERTENS, 1997).

O tempo de ruminação é altamente dependente da FDN dietética e da FDNfe (ALLEN, 1997). Em nosso estudo, os grupos experimentais receberam a mesma dieta, com exceção do *blend* e tamanho de partícula. Foram alteradas apenas as proporções no tamanho partícula, diminuindo a concentração de partículas nas caixas de 4 e 8 mm e aumentando na caixa de 19 mm, este fato pode ter sido a razão de não haver diferença no tempo de ruminação, pois a FDNfe não mudou entre as dietas.

Os resultados encontrados para tempo de refeição e mastigação não tiveram diferença. Em trabalho realizado com bovinos, testando o tamanho de partícula (6, 12 ou 18 mm) de silagem de planta inteira de milho sobre o comportamento alimentar e digestibilidade da dieta, Beauchemin et al., (2018) encontraram que as partículas longas (≥ 19 mm) em uma TMR promoveram o aumento no tempo de alimentação e ruminação, tal fato foi explicado pela razão de que o animal deve mastigar e salivar mais essas partículas, para que sejam deglutidas.

Bovinos confinados em baias individuais ou com baixa taxa de lotação, podem responder de forma diferente do que quando confinados em grupos maiores (BEAUCHEMIN et al., 2020). Por isso, a realidade de um ambiente de alimentação não competitivo pode explicar em partes, o CMS e comportamento alimentar similar ($P > 0,05$), dos animais avaliados neste experimento.

Kononoff (2003), encontrou que uma proporção maior de partículas longas (≥ 19 mm) aumentou a atividade mastigatória, em contrapartida também aumentou o comportamento de

seleção dos animais. No presente experimento foi observado uma seleção a favor de partículas maiores, ou seja, aquelas retidas nas peneiras de 19 mm e 8 mm, quando comparadas com as partículas menores, da peneira de 4 mm e da bandeja do fundo, em todos os grupos experimentais. Esse resultado é considerado positivo, pois existe uma preocupação de seleção contra, quando se aumenta o tamanho de partícula da fibra.

Quando o animal seleciona a favor de partículas menores pode causar uma variação de consumo durante o seu período confinado, a presença de picos ou quedas repentinas de consumo, é uma forma de detectar SARA (STOCK, 1995; BEVANS, 2005). Os efeitos da SARA no desempenho animal podem ser mais prejudiciais do que os da acidose aguda (BRITTON; STOCK, 1989).

Apesar da seleção ter sido a favor, os tratamentos experimentais sem inclusão do *blend* tiveram uma preferência maior para as partículas retidas nas caixas de 19 mm e 8 mm quando comparado aos grupos com inclusão do *blend*. Estes dados contrastam com os de Grant e Ferraretto (2018), que encontram que as partículas retidas na peneira de 19 mm da PSPS foram propensas a serem selecionadas contra. Animais confinados que passaram ou atravessam quadros de acidose clínica ou subclínica, irão apresentar maior atividade de seleção a favor dos ingredientes fibrosos (ou com maior tamanho de partícula) em relação aos concentrados da dieta (BEAUCHEMIN et al., 2018).

Pelo fato de que os hidróxi-minerais apresentam lenta dissolução no ambiente ruminal, isso pode ter ajudado tanto a nível ruminal quanto no estado fisiológico dos animais. A baixa concentração ou disponibilidade de certos minerais (Zn e Cu) pode deprimir as atividades microbianas relacionadas com a digestão da fibra da forragem e a síntese proteica (MCDOWELL, 2001), desse modo o *blend* mineral-vitamínico utilizado no presente estudo pode ter ajudado, mesmo que em pequeno nível, a melhorar a taxa de passagem e evitar grande acúmulo de AGCC no rúmen.

A dissociação excessiva de fontes de minerais sulfatados no ambiente ruminal pode afetar negativamente a digestibilidade e fermentação dentro do rúmen, com possíveis consequências para o desempenho (GENTHER; HANSEN, 2015; FAULKNER; WEISS, 2017). A suplementação com minerais orgânicos pode fornecer quantidades adequadas para utilização dos microrganismos ruminais, favorecendo a digestibilidade das fibras e a fermentação ruminal (GALBRAITH et al., 2016; PINO; GUIMARAES et al., 2020), o que também pode afetar a taxa de passagem, atividade ruminal e comportamento alimentar desses animais (MILLER et al., 2020a).

Ainda não está claro porque a fonte suplementar de hidróxi-minerais afetaria o comportamento de seleção de partículas em bovinos confinados. No entanto, mudanças na função microbiana ruminal são uma possível explicação para os resultados observados, embora informações limitadas estejam disponíveis para fundamentar essa possibilidade (PINO; HEINRICH, 2016; KLJAK et al., 2017). Os microrganismos ruminais requerem microminerais para o seu adequado crescimento e o excesso de alguns minerais tem um efeito tóxico dentro do rúmen (MARTINEZ; CHURCH, 1970; DURAND; KAWASHIMA, 1980).

Em relação aos parâmetros fecais, os valores encontrados permaneceram muito próximos entre os tratamentos. É importante observar que as médias encontradas nas concentrações fecais de FDN (9,9%), amido (4,6%) e N (2,4%) são valores relativamente baixos, indicando uma boa digestibilidade da dieta em todos os tratamentos.

Channon, Rowe e Herd (2004) e Depenbusch et al. (2008) demonstraram que conforme aumenta o pH fecal, diminui o teor de amido nas fezes. O pH fecal do tratamento com fibra longa foi maior quando comparado ao tratamento com fibra curta, porém não foi observado diferença no teor de amido fecal. Esse achado sugere que o maior tamanho de partícula pode ter contribuído na melhoria do ambiente ruminal, favorecendo a digestibilidade do amido (CALDERON-CORTES E ZINN, 1996).

As médias de FDN fecal são bem inferiores aos valores encontrados por Silva et al. (2012), que avaliando os efeitos de dietas com alta proporção de concentrado sobre os indicadores fecais de bovinos Nelores encontraram valores de FDN fecal por volta de 35,65% em dietas a base de milho grão inteiro e 42,1% em dieta total mais bagaço de cana. Provavelmente essa diferença se deve ao fato da menor concentração dietética de FDN e maior digestibilidade da dieta no nosso trabalho.

Maiores concentrações de amido nas fezes indicam uma provável alteração no local de digestão, passando do rúmen para o trato gastrointestinal posterior (ZINN et al., 2007). Neste experimento, o valor de amido fecal não diferiu entre os tratamentos, os dados sugerem que as perdas de amido nas fezes são relativamente pequenas, possivelmente por razão da maior parte deste amido estar vindo de uma fonte altamente degradável (milho reidratado). Portanto considerando as médias de pH e MS fecal, podemos dizer que boa parte do amido foi utilizado no rúmen, em todos os tratamentos.

Zinn et al. (2007) ao analisar dados de 32 experimentos sobre metabolismo de bovinos confinados, apresentou um valor médio de 5,9% de amido fecal com variação de 0 a 44%. Ao trabalhar com novilhos confinados alimentados com uma dieta contendo 92,1% de concentrado na MS, Depenbusch et al. (2008) encontraram um teor médio de amido nas fezes de 23%, sendo

que o teor mínimo de amido foi 1,2% e o máximo de 59,6%. Estes valores são elevados quando comparados com o presente experimento, mas coerentes com o fato de que os autores citados trabalharam com dietas com nível de concentrado muito maior que desse experimento. Outro ponto importante a considerar é o tipo e processamento do milho utilizado, a raça e sexo dos animais.

O amido que também não é aproveitado no intestino delgado passa para o intestino grosso, sofrendo fermentação microbiana. Nesse local, devido à produção de ácido lático e ácidos graxos voláteis, o pH da digesta diminui até o ponto de aumentar a osmolaridade, irritar a mucosa intestinal, provocar diarreia e diminuição da MS fecal (CHANNON; ROWE; HERD, 2004).

O teor de MS fecal apresentou média de 20,1% MS e o escore das fezes de 3,01, não diferindo entre os tratamentos. Os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com Caetano (2008) que evidenciou teores MS fecal de 19,5% e escore fecal de 2,98. Maiores teores de matéria seca das fezes, e menos diarreia, significam que uma menor quantidade de amido atingiu o intestino grosso para ser fermentado, portanto, a digestão no rúmen e intestino delgado foi mais eficiente (CAETANO, 2008)

No que diz respeito às variáveis histológicas podemos observar que a inclusão do *blend* mineral-vitamínico e o aumento no tamanho de partícula se mostraram eficientes em aumentar a área das papilas. Isso pode ser explicado pelo fato de que partículas mais longas podem ter melhorado o ambiente ruminal, diminuindo concentrações de lactato e aumentando concentrações de propionato (MCGUFFEY, 2001), visto que o propionato estimula o crescimento e desenvolvimento das papilas.

Esse é um achado interessante pois a maior parte da absorção de AGCC e outros metabólitos ocorre em nível de papilas ruminais (BANKS, 1991), por isso um ruminante com maior área de papilas poderia ter uma eficiência energética maior. Se papilas com maior área podem absorver mais AGCC, então podemos dizer que a acumulação desses ácidos no rúmen seria menor, ajudando a aumentar a homeostase ruminal.

Os grupos experimentais que consumiram fibra longa apresentaram maior largura e área de papila ($P < 0,05$) em relação aos que consumiram fibra curta. Reafirmando a ideia de que o tratamento com partículas de fibra maiores pode proporcionar um ambiente ruminal mais estável. Deste modo a absorção de AGCC pode ter sido ligeiramente favorecida para os animais que consumiram esta dieta experimental, conseqüentemente causando um maior desenvolvimento das papilas.

Outra hipótese é que as dietas com fibra curta podem ter causado uma maior inflamação da parede ruminal, contribuindo para a diminuição da largura e área das papilas, porém como não foi mensurado o índice de ruminite neste experimento não é possível confirmar se realmente teve tal efeito. A ruminite pode reduzir a área superficial de absorção das papilas, o que pode afetar negativamente a absorção dos AGCC e diminuir o fornecimento de energia ao animal (MILLEN, et al., 2021). Liu et al. (2013) utilizaram caprinos como modelos experimentais para estudar os efeitos da SARA na estrutura do epitélio ruminal e constataram que a SARA reduziu significativamente a largura das papilas ruminais.

No presente experimento os animais que consumiram as dietas com inclusão do *blend* mineral-vitamínico tiveram menores concentrações da enzima GGT quando comparado aos grupos experimentais sem inclusão do *blend*. Apesar da diferença, os resultados encontrados em todos os tratamentos estão dentro dos níveis esperados para animais em confinamento consumindo dietas de alta densidade energética. Houve também influência do tamanho de partícula sobre os níveis de glicose, sendo maiores para os animais que consumiram as dietas experimentais com maior tamanho de partícula.

Os valores referência para a GGT são de 6,1 a 17,4 (U/L) (GONZÁLEZ; SILVA, 2006; KANEKO et al., 2008). A GGT é uma enzima que indica a colestase hepática e trabalhos mostram sua elevação em casos de fígado com infiltração gordurosa (ANDRÉ et al., 2006; MOREIRA et al., 2012; THAMER et al., 2005).

Dessa forma, o fato de os animais que não ingeriram vitaminas do complexo B terem seus níveis de GGT maiores pode ser resultado da maior demanda de metabolização do fígado devido ao consumo de concentrado e provavelmente mais energia, requerendo assim uma atividade mais intensa do fígado. Espera-se que maiores concentrações de GGT estejam presentes em animais que passam por alta metabolização de lipídeos pelo fígado, como vacas leiteiras em transição (SORDILLO; RAPAHEL, 2013).

O fígado desses animais pode não ter suportado a demanda de metabolizar a quantidade de nutriente ingerido, provavelmente devido à falta de cofatores enzimáticos como as vitaminas do complexo B, que estimulam o funcionamento do fígado auxiliando no metabolismo de carboidratos, lipídeos e aminoácidos, melhorando a eficiência pós-absortiva de nutrientes (REIS; LAGE, 2019).

A maior concentração de glicose no plasma para os tratamentos com fibra longa, sugere que a produção ruminal de propionato possa ter sido maior nos animais que consumiram essa dieta, corroborando com os dados de maior desenvolvimento das papilas nesses tratamentos.

A glicose plasmática é influenciada por precursores de glicose, incluindo proporções molares de propionato (VLAEMINCK et al., 2004) e absorção de glicose duodenal (NOCEK; TAMMINGA, 1991). Outro ponto importante a ser considerado seria que com uma maior área de absorção do propionato no rúmen desses animais suplementados com um maior tamanho de partícula, conseqüentemente aumentaria produção de glicose, pelo fato de que o propionato é o maior precursor de glicose para bovinos de corte em confinamento. (NAGARAJA et al., 2006).

7 CONCLUSÕES

A inclusão de silagem de planta inteira de milho (19,5% MS) com maior tamanho de partícula (24 mm) associada a um *blend* mineral vitamínico promoveu a saúde ruminal.

A inclusão do *blend* traz melhora no metabolismo do fígado, evitando o aumento nas concentrações de GGT, U/L. O tamanho de partícula (24 mm) de silagem de planta inteira de milho se mostrou eficiente em aumentar concentrações de glicose no plasma e pH fecal.

ANEXO 1

Composição química dos núcleos Bell Peso Vivaz e Ctrl.

Nutriente	CTRL	VIVAZ
Vit. A tot, UI	5.469,01	5469,01
Vit. A pmx, UI	4.736,9	-
Vit. D3 tot, UI	672,616	672,616
Vit. E-ac pmx	67,165	67,165
Vit. B1 pmx, mg	-	3,49
Vit. B5 pmx, mg	-	17,675
Vit. B6 pmx, mg	-	11,268
Vit. B7 pmx, mcg	-	1.427,25
Vit. B9 pmx, mg	-	1,922
Vit. B12 pmx, mcg	-	176,75
Na, g	6,053	6,053
K, g	6,889	6,889
Cl, g	3,658	3,658
Ca, g	13,376	13,376
P, g	4,474	4,474
Mg, g	6,261	6,261
S total, g	3,549	3,549
Fe total, mg	111,426	111,426
Cu total, mg	29,539	29,539
Cu Org pmx, mg	-	22,606
Zn total, mg	118,473	118,473
Zn Org pmx, mg	-	84,013
Mn total, mg	90,131	90,131
Se total, mg	0,489	0,489
I total, mg	1,711	1,711
Co total, mg	2,352	2,352
Monensina, mg	45,955	45,955
MS, g	893,798	893,798
Cinzas, g	90,003	90,003
PB, g	215,228	215,228
EE, g	28,121	28,121
FB, g	43,324	43,324
NNP equivalente, %	5,26	5,26
F max, mg	13,974	13,974
NDT, %	69,71	69,71

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.

AMACHAWADI, R.G.; NAGARAJA, T.G. 2016. Liver abscesses in cattle: A review of incidence in Holsteins and of bacteriology and vaccine approaches to control in feedlot cattle. **J. Anim. Sci.** 94, 1620–1632. <https://doi.org/10.2527/jas2015-0261>.

ARMENTANO, L.E.; PEREIRA, M.N. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, 80:1416, 1997.

BRITTON, R. A.; STOCK, 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake. **Okla. Agric. Exp. Stn.** MP-121. Pp 125–137.

BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z. Effects of Physically Effective Fiber on Intake, Chewing Activity, and Ruminal Acidosis for Dairy Cows Fed Diets Based on Corn Silage, **Journal of Dairy Science**, v.88, p.2117-2129, 2005.

BERGSTEN, C.; GREENOUGH, P.R.; GAY, J.M.; SEYMOUR, W.M.; GAY, C.C. Effects of biotin supplementation on performance and claw lesions on a commercial dairy farm. **J Dairy Sci.** 2003;86(12):3953-62.

CAO, J.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B.; MILES, R. D.; LITTELL, R. C. Relative bioavailability of basic zinc sulfate and basic zinc chloride for chicks. **J. Appl. Poult. Res.** v.9, p.513–517, 2000. doi: 10.1093/japr/9.4.513

CAMPBELL, J.R.; GREENOUGH, P.R.; PETRIE, L. The effects of dietary biotin supplementation on vertical fissures of the claw wall in beef cattle. **Can Vet J.**, v.41, n.9, p. 690-694, 2000;

COUNOTTE, G.H.M.; VAN'T KLOOSTER, A. T.; VAN DER KUILEN, J.; PRINS, R. A. An analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. **J. Anim. Sci.** v.49, p.1536–1544, 1979.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T., SALIBA, E. D. O.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214p., 2012.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.980-984, 2010.

DEVANT, M.; PENNER, G.B.; MARTI, S.; QUINTANA, B.; FÁBREGAS, F.; BACH, A. et al. Behavior and inflammation of the rumen and cecum in Holstein bulls fed high-concentrate diets with different concentrate presentation forms with or without straw supplementation. **J. Anim. Sci.**, v.94, p.3902–3917, 2016. doi: 10.2527/jas.2016-0594

FAULKNER, M. J; WEISS, W. P. Effect of source of trace minerals in either forage- or by-product-based diets for dairy cows: 1. Production and macronutrient digestibility. **J. Dairy Sci.**, v.100, p.5358–5367, 2017. doi: 10.3168/jds.2016-12095

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. Proceedings of the Plains Nutrition Council Spring Conference, p.67-68, , 2002, **Proceedings ...**San Antonio, TX, 2002.

FELIX, T. L.; MURPHY, T. A.; LOERCH, S. C. Effects of dietary inclusion and NaOH treatment of dried distillers grains with solubles on ruminal metabolism of feedlot cattle. **J. Anim. Sci.**, v.90, p.4951–4961, 2012a.

GRANT, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1438, 1997.

HEDGES, J.; BLOWEY, R.W.; PACKINGTON, A.J.; O'CALLAGHAN, C.J.; GREEN, L.E. A longitudinal field trial of the effect of biotin on lameness in dairy cows. **J. Dairy Sci.** v.84, n. 9, p. 1969-1975, 2001.

HEINRICHS, A.J.; LAMMERS, B.P. Particle size recommendations for dairy cattle. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK, 1997. Hershey. **Proceedings ...** Hershey: NRAES, 1997. p. 268-278.

HUHTANEN, P.; KAUSTELL, K.; JAAKKOLA, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. **Anim Feed Sci Technol**, v.48, p. 211–227, 1994.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. **Journal of Dairy Science**, v.86, p. 1858, 2003.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.922, 1996.

LECLERC, H.; ESPINOSA, D.A.; EVANS, E.; ZAMBRANO, R. G.; FLORES, J.D.G. Effect of rumen protected B vitamins supplementation during the receiving period on the productive performance of beef cattle. **ADSA-ASAS Joint Annual Meeting** Abstract #62291, 2015.

McDOWELL, L.R. Recents advanced in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE, 2, 2001, Lavras, **Anais...**, Lavras: UFLA, p. 51-76, 2001.

MERTENS, D. R. Fiber composition and value of forages with different NDF concentrations. In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 1998 Arizona. **Proceedings ...** Arizona: University of Arizona, 1998, p. 85-99.

MERTENS, D. R. **Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows.** US Dairy Forage Research Center, USDA-Agricultural Research Service, Madison, WI 53706, 1997.

MOONEY, C.S.; ALLEN, M.S. Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2052, 1997.

MULLING, C.K.; BRAGULLA, H.H.; REESE, S.; BUDRAS, K.D.; STEINBERG, W. How structures in bovine hoof epidermis are influenced by nutritional factors. **Anat. Histol. Embryol.** v.28,n.2,:p.103-108, 1999.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYERT E. C. Ruminal Acidosis in Beef Cattle: The Current Microbiological and Nutritional Outlook. **J. Anim. Sci.** v.10, p.3168, 2007.

NAGARAJA, T.G. et al. Marúpulacion of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N., STEWART, C.S. (Eds) The rumen microbial ecosystem. New York: Chapman & Hall, 1997, p.719.

NRC. 2001. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

NRC. 2016. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** 8th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

NUÑEZ, A. J. C.; FELIX, T. L.; LEMENAGER, R. P.; SCHOONMAKER, J. P. Effect of calcium oxide inclusion in beef feedlot diets containing 60% dried distillers grains with solubles

on ruminal fermentation, diet digestibility, performance, and carcass characteristics. **J. Anim. Sci.**, v.92, p.3954-3965, 2014.

ODONGO, N.E.; ALZAHA, L.O.; LINDINGER, M.I.; DUFFIELD, T.F.; VALDES, E.V.; TERREL, S.P.; et al. Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. **J. Anim. Sci.** v.84, p.447–455, 2006.doi: 10.2527/2006.842447x

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. Acidosis in cattle: a review; **J. Anim. Sci.** v.76, p.275-286, 1998.

PINTO, A. C. J. ;MILLEN, D. D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. **Canadian Journal of Animal Science**, v.99, p.392-407, 2019.

PEIRCE, S. B.; MULLER, L. D.; HARPSTER, H. W. Influence of sodium bicarbonate and magnesium oxide on digestion and metabolism in yearling beef steers abruptly changed from high forage to high energy diets 1,2. The Pennsylvania State University, 1983.

RESENDE JÚNIOR, J.C.; ALONSO, L.S.; PEREIRA, M.N. Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. **Braz J. Vet. Res. Anim. Sci.** v. 43, p.526–536, 2006. doi: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26469

SILVA, M. R. H.; NEUMANN, M. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista**, n. 9, 2012. Disponível em: <http://www.fazu.br/ojs/index.php/fazuemrevista/article/viewArticle/491> >. Acesso em: 25 out. 2017.

SILVA, L.A.F.; FRANCO, L.G.;ATAYDE, I.B.; DA CUNHA, P.H.J.; DE MOURA, M.I.; GOULART, D.S. Effect of biotin supplementation on claw horn growth in young, clinically healthy cattle. **Can. Vet. J.**, v.51, p. 607-610, 2010.

SILVESTRE, A. M.;MILLEN, D. D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.50:e20200189, 2021

SLYTER, L. L.;RUMSEY, T. S. Effect of coliform bacteria, feed deprivation, and pH on ruminal D-lactic acid production by steer or continuous-culture microbial populations changed from forage to concentrates. **J. Anim. Sci.**, v.69, p.3055–3066, 1991.

STEVENS, C. E. **Fatty acid transport through the rumen epithelium.** In: A. T. Phillipson (Ed.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant.* pp 101–112. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, U.K, 1970.

SPEARS, J. W.; KEGLEY, E. B. ; MULLIS, L. A. Bioavailability of copper from tribasic copper chloride and copper sulfate in growing cattle. **Anim. Feed Sci. Technol.** v.116, p.1–13, 2004. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.06.002.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2nd ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 1994.

WILSON, J. R. 1993. **Organization of forage plant tissues.** Pp. 1-32 in Forage Cell Wall Structure and Digestibility: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.

Weiss, C. P.; Gentry, W. W.; Meredith, C. M.; Meyer, B. E.; Cole, N. A.; Tedeschi, L. O.; Jennings, J. S. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. *Texas A&M AgriLife Research and Extension Center, Amarillo 79106; †USDA-ARS, Bushland, TX 79012; and ‡Department of Animal Science, Texas A&M University, College Station 77843-2471, 2017.

ZINN, R. A.; BARRERAS, C., L.; OWENS, F. N; WARE, R. A. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, v.85, n.7, p.1727-1730. 2007. Available from: <<https://doi.org/10.2527/jas.2006-556>>. Accessed: Jul. 14, 2020. doi: 10.2527/jas.2006-556.