

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Aniele Baracioli Franceschi

**EFEITO DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO
FISICAMENTE EFETIVA E FIBRA EM DETERGENTE
NEUTRO INDIGESTÍVEL SOBRE O COMPORTAMENTO
INGESTIVO DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Dracena
2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Aniele Baracioli Franceschi

**EFEITO DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO
FISICAMENTE EFETIVA E FIBRA EM DETERGENTE
NEUTRO INDIGESTÍVEL SOBRE O COMPORTAMENTO
INGESTIVO DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– Unesp, Câmpus de Dracena como parte das
exigências para conclusão do curso.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Sirlei Aparecida Maestá

Dracena

2022



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Efeito da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva e fibra em detergente neutro indigestível sobre o comportamento ingestivo de bovinos de corte confinados

Modalidade: Trabalho de Atividades de pesquisa

Autor: Aniele Baracioli Franceschi

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sirlei Aparecida Maestá

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 15

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 21/07/2022

Prof.^a Dr.^a Sirlei Aparecida
Maestá

Pós doutorando Murillo
Ceola Stefano Pereira

Prof.^a Dr.^a Cristiana
Andrighetto

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Aniele Baracioli Franceschi, nascida em 29 de abril de 1998, na cidade de Mirassol/SP. Durante o curso de graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP – Campus de Dracena, atuei na área de “Ovinocultura” sob a supervisão da Profa. Dra. Sirlei Aparecida Maestá e ministrei aulas na disciplina de “Redação”, no programa de extensão intitulado “Cursinho Pré-Vestibular Alvo da Unesp de Dracena” coordenado pelo Prof. Dr. Vagner do Nascimento, promovido pela Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP – Câmpus de Dracena.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai **Pedro Roberto Franceschi** e minha mãe **Elaine Aparecida Lopes Baracioli Franceschi**, que me educaram e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus pela força que me foi dada em cada desafio, por iluminar todas as minhas escolhas e acima de tudo por me guiar na intensa jornada de crescimento pessoal e profissional. Agradeço aos meus pais por todo incentivo aos estudos e pelo exemplo de persistência, honestidade, humildade, garra e superação, sou grata por me darem todo suporte para chegar até aqui.

Agradeço a toda minha família por me apoiarem e estarem ao meu lado apesar da distância durante todos esses anos.

Agradeço a república Ohana, a todas as meninas que por algum tempo moraram comigo, todas deixaram boas lembranças, sou grata a cada uma pelas conversas, conselhos, por também me darem liberdade para aconselhar e contar sobre as minhas experiências, pelo apoio nos momentos difíceis e por todas as vezes que comemoramos juntas as nossas conquistas, torço pelo sucesso de todas e espero poder reencontrá-las muitas vezes.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Sirlei Aparecida Maestá uma pessoa inspiradora, mulher e profissional exemplar, por todo suporte, apoio, confiança e conselhos que levarei por toda minha vida. Agradeço também ao Murillo Ceola Stefano Pereira, aluno de pós-doutorado, por compartilhar comigo o seu conhecimento, me auxiliando e apoiando durante a execução deste trabalho.

Sou grata ao Grupo de Estudos e Extensão em Ovinocultura (GEEO) e ao Cursinho Alvo pela oportunidade de aprendizado e crescimento durante a graduação e também aos meus colegas da faculdade, especialmente aos meus amigos da XVI turma, por todos os momentos de apoio e companheirismo em que vivemos juntos.

Agradeço a Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP Campus de Dracena, a todos os professores e funcionários que sempre estiveram prontos a nos ajudar, a tornar a faculdade um ambiente saudável e proporcionar um ensino de qualidade.

Por fim, agradeço a todas pessoas, que de alguma forma fizeram parte da minha trajetória e me ajudaram a dar passos que sozinha teriam sido mais longos e difíceis.

“Deficiências podem ser usadas como desculpas, ou consideradas degraus a serem galgados rumo a uma meta estabelecida.”

(HILL, 2009).

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA



Animal Research Ethics Board (AREB)

Certificate of Approval

PRINCIPAL INVESTIGATOR
Dr. Greg Penner

DEPARTMENT/ORGANIZATION
Animal & Poultry Science

ANIMAL USE PROTOCOL #
20210100

TITLE
Determining the minimum forage requirement of finishing cattle

SPONSORING AGENCIES
Beef Cattle Research Council

BIOSAFETY NUMBER
APS-04

UNIFI FUND #
420540

APPROVAL DATE:
November 25, 2021

APPROVAL OF:
New Animal Use Protocol

EXPIRY DATE:
November 30, 2022

Full Board Meeting ☒

AREB Subcommittee ☐

AREB Chair and
University Veterinarian ☐

AREB Chair ☐

CERTIFICATION

The University of Saskatchewan Animal Research Ethics Board reviewed the above-named Animal Use Protocol (AUP). The AUP was found to be acceptable on ethical grounds. The principal investigator has the responsibility for any other administrative or regulatory approvals that may pertain to this AUP, and for ensuring that the authorized animal use is carried out according to the conditions outlined in the original AUP submitted for ethics review. This Certificate of Approval is valid for the above time period.

PROTOCOL MODIFICATIONS

Any modifications to this AUP must be approved by the UACC AREB prior to implementation, using the [AUP Modification Form](#).

ONGOING REVIEW REQUIREMENTS

Animal use that extends beyond one year must receive annual review. For the annual renewal, an annual review form (and progress report) must be submitted to the AREB within one month of the current expiry date each year the AUP remains open, and upon study completion.

Christy Morrissey, Co-Chair
Animal Research Ethics Board
University of Saskatchewan

Robert Laprairie, Co-Chair
Animal Research Ethics Board
University of Saskatchewan

November 29, 2021
Date Issued

Please send all correspondence to:

Animal Care and Research Support
Research Excellence and Innovation
Room 223 – Thorvaldson Building
110 Science Place
University of Saskatchewan
Saskatoon, SK S7N 5C9
Telephone: (306) 966-4126 Fax: (306) 966-2069 Email: uacc.office@usask.ca

RESUMO

O estudo foi conduzido no Livestock Research Building da University of Saskatchewan (Saskatoon, SK, Canadá), com o objetivo de avaliar o efeito da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) e da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) sobre o comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo alta energia. Seis novilhas Simental ($667,8 \pm 28,4$ kg) foram usadas em um quadrado latino 3×3 replicado (períodos de 21 dias) balanceado para efeitos de carry-over. Dietas foram formuladas para fornecer tratamentos com: 1) baixo FDNfe e baixo FDNi (100% de grãos de cevada, suplemento mineral e ureia; 0% de forragem); 2) baixo FDNfe com alto FDNi (90% de grãos de cevada, suplemento mineral e ureia, 10% palha de trigo peletizada); ou 3) alto FDNfe com alto FDNi (90% de grãos de cevada, suplemento mineral e ureia, 10% palha de trigo picada). O comportamento ingestivo foi analisado usando câmeras de vídeo digital nos dias 14 ao dia 17 de cada período experimental; uma câmera para três baias foi usada e as atividades dos animais foram registradas a cada dois minutos durante 96 horas. Não foi observado efeito ($P = 0,93$) dos tratamentos para consumo de matéria seca (CMS). Animais alimentados com palha de trigo peletizada e palha de trigo picada tiveram maior consumo de FDN ($P < 0,001$) e FDNi ($P < 0,001$) comparados aos que consumiram 0% de forragem. Bovinos alimentados com 0% de forragem apresentaram maior tempo em ócio ($P < 0,001$) quando comparado aos alimentados com palha de trigo peletizada e picada. Animais alimentados com palha de trigo picada apresentaram maior tempo em ruminação ($P < 0,001$) do que os alimentados com 0% de forragem. Bovinos alimentados com palha de trigo picada apresentaram maior ($P < 0,001$) tempo em alimentação comparado aos que foram alimentados com palha de trigo peletizada e 0% de forragem. Animais alimentados com palha de trigo picada apresentaram maior número de refeições ($P = 0,005$) comparado aos alimentados com 0% de forragem. Bovinos alimentados com 0% de forragem apresentaram maior CMS por refeição ($P = 0,008$) comparado aos alimentados com palha de trigo peletizada e palha de trigo picada. Animais alimentados com 0% de forragem tiveram menor taxa de alimentação da matéria seca (MS; $P = 0,03$) comparado aos alimentados com palha de trigo picada. Bovinos alimentados com palha de trigo picada tiveram maior taxa de ruminação da MS ($P < 0,001$) comparado aos alimentados com palha de trigo peletizada e 0% de forragem. Sendo assim, pode-se concluir que o FDNfe e FDNi afetou o comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo alta energia. Os resultados do presente estudo sugerem ainda que o uso de FDNfe foi mais eficaz do que FDNi para estimular a ruminação e pode fornecer informações úteis sobre a inclusão de FDN ao avaliar a adequação de fibra na formulação de dietas para bovinos de corte confinados.

Palavras-chave: Comportamento ingestivo. Bovinos de corte. FDNfe. FDNi.

ABSTRACT

The study, conducted at Livestock Research Building at the University of Saskatchewan (Saskatoon, SK, Canada) was designed to evaluate the effects of physically effective neutral detergent fiber (peNDF), and undigested neutral detergent fiber (uNDF) on eating behavior for finishing cattle. Six Simmental heifers (667.8 ± 28.4 kg) were used in a replicated 3×3 Latin square (21-d periods) balanced for carry-over effects. Barley grain-based diets were formulated to provide treatments with: low peNDF and low uNDF (100% barley grain and supplement, and 0% straw); low peNDF but high uNDF (90% barley grain, supplement, and urea, and 10% pelleted straw); or high peNDF with high uNDF (90% barley grain, supplement, and urea, and 10% chopped straw). Eating behavior was analyzed using a digital video camera from day 14 to day 17 of each experimental period; one camera for three pens was used. Animals' activities were recorded, every two minutes during 96 h. Treatment did not affect dry matter intake ($P = 0.93$). Heifers fed pelleted wheat straw and chopped wheat straw had greater NDF ($P < 0.001$) and uNDF ($P < 0.001$) compared to heifers fed 0% forage. Cattle fed 0% forage spent more ($P < 0.001$) time resting when compared to those fed pelleted and chopped wheat straw. Animals fed chopped wheat straw spent more ($P < 0.001$) time ruminating than those fed 0% forage. Heifers fed chopped wheat straw spent more ($P < 0.001$) time eating compared to those fed pelleted wheat straw and 0% forage. Animals fed chopped wheat straw had greater meals per day ($P = 0.005$) compared to those fed 0% forage. Cattle fed 0% forage had greater DMI per meal ($P = 0.008$) compared to those fed pelleted wheat straw and chopped wheat straw. Heifers fed 0% forage had lower ($P = 0.03$) eating rate of dry matter (DM) compared to those fed chopped wheat straw. Cattle fed chopped wheat straw had greater ($P < 0.001$) rumination rate of DM compared to those fed pelleted wheat straw and 0% forage. Thus, either peNDF and uNDF affected eating behavior of beef cattle fed diets containing high energy. The results of the present study further suggest that the use of peNDF was more effective than uNDF to stimulate rumination and may provide useful information over NDF inclusion when evaluating fiber adequacy of finishing diets.

Keywords: Eating behavior. Finishing cattle. peNDF. uNDF.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Registro da câmera de vídeo utilizada para análise do comportamento ingestivo, baias de 1 a 3	29
Figura 2 - Registro da câmera de vídeo utilizada para análise do comportamento ingestivo, baias de 4 a 6	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição e conteúdo nutricional das dietas experimentais fornecidas aos animais durante o período experimental.	25
Tabela 2 - Composição nutricional e distribuição das partículas da palha de trigo picada, palha de trigo peletizada e grãos de cevada.	26
Tabela 3 - Efeito da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) e concentração de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) sobre comportamento ingestivo de novilhas de corte canuladas no rúmen (n = 6)....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Comportamento ingestivo de ruminantes	17
3.2 Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva.....	19
3.3 Fibra em detergente neutro indigestível.....	20
3.4 Acidose ruminal	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Animais e Delineamento Experimental	24
4.2 Manejo, arraçãoamento e cuidado com os animais.....	26
4.3 Comportamento ingestivo	28
4.5 Análise estatística.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O comportamento ingestivo de ruminantes se altera por diversos fatores, entre eles estão o tipo de alimento ingerido, valor nutritivo da dieta, palatabilidade e seleção, além disso a habilidade de selecionar alimentos varia de acordo com a fisiologia da espécie (VAN SOEST, 1994). Os bovinos são ruminantes pouco seletivos, possuem lábios menos flexíveis e utilizam a língua para apreensão de alimentos (FRANDSON, 2003). O consumo de alimentos fibrosos são fundamentais para a nutrição de ruminantes, pois promovem a mastigação e a ruminação, consequentemente gerando a produção de saliva que neutraliza os ácidos gerados pela fermentação ruminal e evitam problemas de saúde animal, que incluem acidose ruminal, claudicação, rumenites e abscessos hepático (NASEM, 2016).

No entanto, dietas ricas em forragem diluem a densidade energética da dieta e, como tal, os bovinos aumentam o consumo de matéria seca (CMS) na tentativa de manter a ingestão energética (GALYEAN e DEFOOR, 2003). Estudos recentes sugerem uma taxa de 5% a 10% de matéria seca (MS) de inclusão de forragem na dieta de terminação (CRAWFORD *et al.*, 2008; CHIBISA *et al.*, 2020; JENNINGS *et al.*, 2020). Samuelson *et al.* (2016) relataram uma inclusão de forragem utilizada em dietas de terminação durante os meses de verão e inverno em confinamentos comerciais nos Estados Unidos entre 8% e 10% da MS da dieta.

O NASEM (2016) sugere a taxa de inclusão de forragem como preditor do pH ruminal; entretanto, apenas a taxa de inclusão de forragem não considera diferenças na eficácia física ou digestibilidade da fonte de forragem. Com base nisso, vários estudos testaram o conceito de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) em bovinos leiteiros (BEAUCHEMIN e YANG, 2005; YANG E BEAUCHEMIN, 2005; ZEBELI *et al.*, 2012). Além disso, estudos recentes relataram que o FDNfe afetou o comportamento alimentar, classificação de partículas, pH ruminal, digestibilidade e desempenho em bovinos de corte (DeVries *et al.*, 2008; Gentry *et al.*, 2016; Weiss *et al.*, 2017; Llonch *et al.*, 2020, Pereira *et al.*, 2021c). Mertens (2002) recomendou uma exigência mínima de 15% FDNfe (base na MS) para bovinos confinados para maximizar o ganho de peso diário.

Outro conceito que vem sendo utilizado na formulação de dietas para bovinos leiteiros é a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (FUSTINI *et al.*, 2017;

KAHYANI *et al.*, 2019). Fustini *et al.* (2017) e Hosseini *et al.* (2019) relataram que vacas leiteiras alimentadas com dietas com maior concentração de FDNi passaram menos tempo com pH ruminal abaixo de 5,8. Dadas as taxas de inclusão de forragem relativamente mais baixas em dietas de terminação usadas para bovinos de corte quando comparadas às dietas de bovinos leiteiros, não está claro se a FDNi pode prever melhor as necessidades de forragem do que o FDNfe ou a inclusão de forragem sozinha. Pereira *et al.* (2000) reportou uma redução do CMS, devido ao efeito de repleção da fibra em detergente neutro (FDN) com elevada taxa de FDNi.

Assim sendo, torna-se necessário testar a hipótese de que aumentar as inclusões de FDNfe e FDNi aumenta o tempo em ruminação e alimentação, e diminui o tempo em ócio, afetando assim o comportamento ingestivo. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da FDNfe e FDNi sobre o comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo alta energia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da FNDfe e FDNi sobre o comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo alta energia.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da FNDfe e FDNi sobre o consumo de MS, FDN e FDNi_{240-h}.
- Avaliar o efeito da FNDfe e FDNi sobre tempo em ócio, tempo e ruminação, tempo em alimentação, tempo bebendo água, número de refeições, tempo em alimentação por refeição e consumo de MS por refeição.
- Avaliar o efeito da FNDfe e FDNi sobre a taxa de alimentação de MS, FDN e FDNi_{240-h}.
- Avaliar o efeito da FNDfe e FDNi sobre a taxa de ruminação de MS, FDN e FDNi_{240-h}.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Comportamento ingestivo de ruminantes

Diferente dos animais monogástricos, os animais ruminantes possuem pré-estômagos, anatomia esta, entre outras características fisiológicas, que favorecem o aproveitamento de plantas fibrosas e interferem no comportamento ingestivo dos animais assim classificados (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011). A observação e estudo dessas características têm o objetivo de aprimorar as técnicas de manejo e nutrição, resultando em melhor aproveitamento de dietas, na funcionalidade adequada do trato gastrointestinal e, portanto, em um alto desempenho produtivo.

Os ruminantes são herbívoros pluricavitários, dentre eles, os principais animais estudados na zootecnia são os bubalinos, bovinos, ovinos e caprinos, eles possuem um estômago verdadeiro chamado de abomaso, os três pré-estômagos são o rúmen, retículo e omaso, a ruminação ocorre após a deglutição do alimento, quando ele é regurgitado do retículo-rúmen para a cavidade oral para que possam remastigá-lo, levando assim, a redução de partículas do alimento, o que facilita a digestão fermentativa que é realizada pelos microrganismos (MILLEN; ARRIGON; PACHECO, 2016).

A população de microrganismos é alterada de acordo com o tipo de alimento, assim como a taxa de passagem, a motilidade e a velocidade de absorção dos nutrientes com impacto sobre o processo de digestão (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011). A manutenção do pH ideal, a ausência de oxigênio, manutenção dos padrões de motilidade e a presença de microrganismos são fatores que proporcionam um bom ambiente para ruminação (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

A anatomia dos lábios varia entre os diferentes ruminantes, os ovinos e caprinos por exemplo possuem lábios macios e flexíveis, isso facilita a preensão do alimento enquanto os bovinos possuem lábios menos flexíveis e utilizam a língua para preensão de alimentos, seus dentes incisivos e lâminas dental à frente do palato duro são bastante firmes (FRANDSON, 2003). Os bovinos são ruminantes menos seletivos, têm focinhos largos e rúmen maior, a anatomia de sua língua, de superfície grossa na parte superior e fina na face inferior permite que ele leve o alimento para a boca e faça a deglutição, enquanto os pequenos ruminantes selecionadores possuem focinhos

mais estreitos e rúmen menor, pois ocorre uma diminuição da capacidade digestiva, desse modo, a morfologia da boca, do sistema digestivo e o comportamento ingestivo dos animais são fatores que influenciam alimentação (VAN SOEST, 1994).

Ainda segundo Van Soest (1994), o consumo pode variar de acordo com a espécie do animal, status nutricional, categoria animal, demanda energética, idade, sexo, palatabilidade e seleção de forragem, que pode ser restrita por consumo reduzido, corte, compressão, moagem ou peletização da dieta, a habilidade de selecionar varia de acordo com a espécie, fisiologia, intensidade da fome e disponibilidade de alimento.

Hofmann (1989 *apud* VAN SOEST, 1994), reportou que os ruminantes selecionadores têm glândulas salivares maiores quando comparados a outros animais. A saliva é composta por água, eletrólitos, mucos e enzimas, ela amolece e lubrifica a ingesta, facilitando a mastigação e a deglutição, bovinos adultos podem produzir mais de 200 litros de saliva por dia, contendo altas concentrações de bicarbonato e fosfato, alimentos ricos em fibra elevam esta produção, levando à neutralização dos ácidos gerados pela fermentação ruminal (FRANDSON, 2003).

A apreensão, a mastigação e a ruminação também levam a secreção de saliva, através da ativação das glândulas salivares, a não neutralização dos ácidos gerados pela fermentação ruminal pode levar o animal a ter distúrbios metabólicos, mais especificamente a um quadro de acidose ruminal, causada pela alta concentração de ácido láctico no rúmen, ocorre principalmente em animais que recebem dietas de terminação em confinamento com altas quantidades de amido e carboidratos fermentáveis no rúmen (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011). A manutenção do pH ruminal ideal também reduz a ocorrência de lesões ruminais, úlceras e abscessos hepáticos, além de maximizar o desempenho (CORREA, 2001).

Poucos estudos comparam o comportamento ingestivo de bovinos de corte confinados com o consumo de FDN_{fe} e FDN_i, mas sabe-se que o comportamento ingestivo se altera de acordo com o tipo de alimento ingerido e o valor nutritivo da dieta. Dietas com alto teor de FDN por exemplo, tem como consequência uma redução do consumo de matéria seca (GONÇALVES *et al.*, 2001).

3.2 Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva

O método de FDN e fibra em detergente ácido (FDA) foi desenvolvido por Van Soest (1967) com o intuito de fracionar os constituintes da parede celular das plantas de acordo com a solubilidade dos compostos em meios com pH variável, o FDN corresponde a fração fibrosa da planta insolúvel em solução de detergente neutro.

O FDN mensura os três maiores componentes indigestíveis das plantas: hemicelulose, celulose e lignina (MERTENS, 1997) a FDNfe, por sua vez, está relacionada às características físicas da fibra que são eficazes em estimular a mastigação, consequentemente a secreção de saliva, fator que ajuda na neutralização dos ácidos resultantes da digestão ruminal, (BEAUCHEMIN e YANG, 2005).

A concentração de FDNfe pode ser maior aumentando a inclusão de forragem ou comprimento de partícula de forrageiras na dieta (YANG e BEAUCHEMIN, 2005). O comprimento de corte pode ser influenciado pelo tipo de equipamento de colheita, pela variedade e pela maturidade da planta, o ideal é que sejam partículas longas (>1cm) (BEAUCHEMIN e YANG, 2005).

As partículas da fibra podem ser medidas através do método chamado de Penn State Particle Separator (PSPS), através de um conjunto de peneiras com diâmetros de orifícios para passagem de partículas de 19,0, 8,0, 1,18 mm, ou mais recentemente 4,0 mm, que devem ser deslizadas uma sobre a outra em uma superfície lisa, este é um método prático e rápido (KONONOFF e HEINRICHS, 2003; HEINRICHS e KONONOFF, 2013).

O sistema de Mertens (1997) de avaliação da FDNfe, obtém o resultado a partir da multiplicação da concentração FDN do ingrediente pelo fator de eficácia física, que por sua vez é determinado pela somatória da porcentagem de partículas retidas em peneiras maiores do que 1,18 mm, ou 4,0 mm, resultando no valor de FDNfe (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

Beauchemin e Yang (2005) reportaram os efeitos do FDNfe de dietas de silagem de milho para vacas leiteiras sobre o consumo de ração, padrões de refeição, mastigação, atividade e pH ruminal, através de diferentes inclusões de FDNfe alterando o comprimento das partículas. Foi constatado pelos autores que o aumento do comprimento das partículas da silagem de milho aumentou a ingestão de FDNfe,

mas não interferiu na ingestão de MS ou FDN. O número de mastigações, tempo de mastigação e tempo de ruminação aumentaram linearmente com o aumento de FDNfe na dieta. O aumento do teor de FDNfe das dietas não afetou o pH, porém, aumentou o tempo de mastigação e o número de refeições, logo, a diminuição do teor de FDNfe reduziu linearmente o número de mastigações e o tempo em alimentação.

Llonch *et al.* (2020) observou que aumentar a inclusão de FDNfe sem mudanças na inclusão de forragem aumentou o tempo em ruminação e pH ruminal, diminuiu CMS e o consumo de FDN em novilhas de corte. Mertens (2002) recomendou um mínimo de 15% de FDNfe na MS, para bovinos confinados, com variação de 12% para 18%.

Yang e Beauchemin (2009) avaliaram o aumento do teor de FDNfe em dietas de vacas leiteiras através da proporção de forragem e o comprimento de corte afim de avaliar se o risco de acidose ruminal poderia ser reduzido aumentando a quantidade de FDNfe da dieta. Os autores concluíram que a concentração de FDNfe das dietas foi maior com o aumento da proporção de forragem assim como pelo aumento do seu corte, entretanto o consumo de FDNfe aumentou somente quando o comprimento de partículas de forragem foi maior, pois o aumento da proporção de forragem reduziu o CMS. O aumento da concentração de FDNfe da dieta aumentou o pH médio nas duas formas em que FDNfe foi incluída na dieta. O aumento da proporção de forragem aumentou a atividade de mastigação, pois a redução da acidose ruminal devido ao aumento da concentração de FDNfe está relacionada com aumento da atividade mastigatória e também à melhores condições no ambiente ruminal.

Investigações sobre as características da fibra e comportamento de ruminação são essenciais para padronizar a ruminação, comportamento do animal e características do volumoso como taxa de inclusão e o tamanho de partículas, que deve gerar ruminação mantendo e melhorando desempenho além de prevenir problemas metabólicos (GENTRY, 2016).

3.3 Fibra em detergente neutro indigestível

Para se avaliar qualidade de forragem, a digestibilidade e a indigestibilidade são fatores determinantes, pois interferem no comportamento alimentar e na ruminação (COTANCH *et al.*, 2014). O termo FDNi representa a quantidade de fibra que não está sujeita ao processo de digestão (FUSTINI *et al.*, 2017). Os conjuntos de

dados combinados por Cotanch *et al.* (2014) mostrou que a ingestão diária de FDNi é igual à saída de FDNi nas fezes.

O FDNi da forragem é diferente entre as espécies de plantas e é influenciado por fatores como a genética, condições de crescimento e maturidade na colheita (PALMONARI *et al.*, 2014, PALMONARI *et al.*, 2016)

Pode-se estimar o FDNi através do uso de detergente ácido lignina (ADL) e um fator fixo de 2,4 calculado como $ADL \times 2,4 / FDN$ (CHANDLER *et al.*, 1980) E também pode ser estimado através de fermentações *in vitro* ou *in situ* de longa duração, o método recomendado pelo grupo Cornell requer 240 horas de fermentação *in vitro* usando um Tilley-Terry, sistema com modificações descritas por Raffrenato e Van Amburgh (2010) e Cotanch *et al.*, (2014). O termo mais preciso e atualmente utilizado na literatura é FDNi_{240-h}, que é o tempo de fermentação específico, pois o termo FDNi é estimado em tempo infinito (COTANCH *et al.*, 2014).

A utilização de FDNi_{240-h} pode proporcionar uma previsão mais precisa de limitações sobre o CMS baseadas em FDN em dietas de gado leiteiro (GRANT *et al.*, 2020). O FDNi_{240-h} é a fração de fibra funcional que influencia a eficácia física, enchimento intestinal, digestão, dinâmica de passagem de forragens e pode aprimorar a estimativa do CMS informando quanto FDNi_{240-h} de uma ração um animal pode consumir antes de preencher seu rúmen e quanto FDNi_{240-h} deve ser consumido para manter o enchimento ruminal e a eficiência digestiva (COTANCH *et al.*, 2014).

Tanto o FDNfe como o FDNi_{240-h} podem estimular a motilidade ruminal e a ruminação, proporcionando uma regulação da fermentação que ocorre no rúmen, sem a necessidade de alterações de inclusão de forragem (GRANT *et al.*, 2018). Raffrenato *et al.*, (2019) relataram que a utilização de FDNi_{240-h} melhorou a previsão de CMS em relação a lignina para gado leiteiro. Outros estudos baseados em gado leiteiro mostraram que vacas alimentadas com dietas com maior teor de FDNi_{240-h} passaram menor tempo com pH ruminal < 5,8 (FUSTINI *et al.*, 2017; HOSSEINI *et al.*, 2019).

Pereira *et al* (2020) avaliou o efeito de inclusões de FDNfe e FDNi_{240-h} sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de novilhos confinados. Foi observado pelos autores menor consumo de FDNi_{240-h} em bovinos alimentados com dietas contendo menor teor de FDNi_{240-h}. O FDNi_{240-h} também afetou o rendimento de

carcaça, apontando que mesmo pequenos aumentos de FDNi_{240-h} podem afetar o preenchimento do rúmen e diminuir o rendimento de carcaça.

Em dietas com maior proporção de cana-de-açúcar ocorreu uma redução do CMS, isso se deve ao efeito de repleção da FDN, devido à baixa taxa de digestão da FDN e concentração elevada da FDNi (PEREIRA *et al.*, 2000).

Estudos sobre FDNi_{240-h} devem ser realizados pois o mesmo influencia as taxas de fermentação da fibra no rúmen e podem ajudar a explicar o comportamento ingestivo de ruminantes (COTANCH *et al.*, 2014).

3.4 Acidose ruminal

Com a necessidade de aumentar a produtividade da bovinocultura nas últimas décadas utilizou-se como estratégia o aumento de carboidratos não estruturais nas dietas, entretanto um manejo nutricional inadequado, sem um período de adaptação, pode causar a acidose ruminal que, por conseguinte, poderá levar a outras doenças (LIMA e MARTINS, 2017) reduzindo o desempenho e a saúde ruminal.

A acidose ruminal é uma doença que se caracteriza basicamente pela redução do pH ruminal, ela ocorre em função do alto consumo de ração rica em carboidratos não fibrosos e baixa quantidade de volumoso (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011).

A acidose pode ser subaguda (pH entre 5,1 e 5,5) ou aguda (pH abaixo de 5,0) (NAGARAJA E TIGEMEYER, 2007). Sendo a subaguda a maior problemática por ser difícil de identificar devido à falta de sintomas, pode-se notar apenas uma redução e flutuações do CMS e redução da produtividade, enquanto a acidose aguda apresenta condições que favorecem o desenvolvimento de bactérias que produzem lactato, (*Lactobacillus*) ocasionando uma diminuição mais intensa do pH ruminal e sinais clínicos externos específicos (PEREIRA, 2019).

Ruminantes alimentados com dietas ricas em amido e açúcares podem gerar concentrações inadequadas no líquido ruminal, levando-o a um quadro de acidose (MILLEN; ARRIGON; PACHECO, 2016). O aumento no consumo desses carboidratos modifica negativamente o ambiente ruminal, com aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), ácido láctico, desenvolvimento de bactérias como

Streptococcus bovis e consequentemente outras doenças como a laminite e abscessos hepáticos (NAGARAJA e CHENGAPPA, 1998).

O rúmen de um animal com acidose sofrerá flutuações de pH, acarretando em morte de bactérias amilolíticas, responsáveis por degradar o amido, celulolíticas que degradam fibras e das consumidoras de lactato (KUNG e HESSION, 1995). De acordo com Van Soest (1994), a faixa de pH ruminal ideal está entre 6,2 e 7,2, sendo ideal para o crescimento dos microrganismos o pH igual a 6,7.

Um CMS excessivo reduz o pH ruminal, portanto a redução do CMS ajuda a reequilibrar o pH para níveis adequados, funcionando como um mecanismo interno do animal, porém esse mecanismo acaba gerando um ciclo quando o pH é estabilizado e o CMS torna a aumentar (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN *et al.*, 2003).

Relatos de 52% dos nutricionistas questionados na pesquisa realizada por Millen *et al.* (2009) mostraram que a acidose ou a laminite e timpanismo, estão entre os principais problemas relacionados a nutrição de bovinos em confinamentos.

Contudo, há como regular o pH para níveis adequados através da saliva que é produzida durante a mastigação e ruminação, ela é composta por substâncias neutralizadoras, bicarbonato e fosfato (PEREIRA, 2019). A secreção de Bicarbonato e Fosfato podem agir também através da troca entre o epitélio ruminal e a corrente sanguínea, logo, uma acidose intensa pode levar o animal a um quadro de acidose metabólica (OWENS *et al.*, 1998).

Dietas que contenham FDNfe podem estimular as atividades necessárias que estimulam produção das substâncias tamponantes e alcalinizantes sem causar impactos negativos no desempenho, digestibilidade ou fermentação ruminal (Gentry *et al.*, 2016; Weiss *et al.*, 2017), portando a inclusão de FDNfe e FDNi_{240-h} pode ser uma estratégia de uso da forragem para aperfeiçoar a atividade ruminal sem aumentar sua inclusão na dieta. (PEREIRA *et al.* 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo o uso de animais neste estudo foram pré-aprovados pelo University of Saskatchewan Animal Research and Ethics Board (número de protocolo 20210100) e foram conduzidos de acordo com as diretrizes do Canadian Council on Animal Care (Ottawa, ON, Canadá).

4.1 Animais e Delineamento Experimental

O estudo foi realizado no Livestock Research Building da University of Saskatchewan (Saskatoon, SK, Canadá). Seis novilhas da raça Simental, com peso vivo inicial de $667,8 \pm 28,4$ kg, e canulados no rúmen, com uma cânula de 10 cm (Modelo 9C; Bar Diamond Inc.) foram alojados em um barracão climatizado, em baias individuais (9 m^2), equipadas com cocho, bebedouro automático e tapete de borracha. As novilhas tiveram acesso a uma área externa para exercícios ao ar livre diariamente, exceto durante o período de coletas e quando a temperatura externa estava abaixo de -30°C .

Os animais foram divididos aleatoriamente em dois quadrados latinos 3×3 (contemporâneos), equilibrado para efeitos de carry-over. Dietas à base de grãos de cevada foram formuladas (Tabela 1) para fornecer tratamentos com: 1) baixo FDNfe e baixo FDNi (100% de grãos de cevada, suplemento mineral e ureia; **0% de forragem**); baixo FDNfe com alto FDNi (90% de grãos de cevada, suplemento mineral e ureia, 10% palha de trigo peletizada; **Peletizado**); ou alto FDNfe com alto FDNi (90% de grãos de cevada, suplemento mineral e ureia, 10% palha de trigo picada; **Picado**). Ao longo do estudo, foram coletadas amostras dos ingredientes da ração para composição química (Tabela 2). Cada período do quadrado latino consistiu em 21 dias, incluindo 4 dias de observação do comportamento ingestivo.

Tabela 1 - Composição e conteúdo nutricional das dietas experimentais fornecidas aos animais durante o período experimental.

Item	Tratamentos		
	0% Forragem	Peletizado	Picado
<i>Ingredientes, % da MS¹</i>			
Palha de trigo picada	0,00	0,00	10,00
Palha de trigo peletizada	0,00	10,00	0,00
Grãos de cevada	95,15	84,89	84,89
Mineral ²	4,51	4,51	4,51
Ureia	0,34	0,60	0,60
<i>Conteúdo nutricional³, % da MS</i>			
MS, %	85,56 ± 2,19	86,13 ± 2,16	85,62 ± 2,01
Proteína bruta	12,24 ± 0,62	12,29 ± 0,57	12,21 ± 0,54
FDN ⁴	13,30 ± 3,32	19,22 ± 3,01	19,76 ± 2,96
Fator de eficácia física	78,03 ± 2,02	69,62 ± 1,80	79,61 ± 1,80
FDNfe ⁵ _{4,0}	11,81 ± 0,86	14,52 ± 0,79	16,60 ± 0,88
FDNi ⁶ _{240-h}	4,88 ± 0,01	6,78 ± 0,02	6,86 ± 0,03
Fibra em detergente ácido	6,41 ± 0,39	11,08 ± 0,40	11,03 ± 0,29
Amido	57,78 ± 0,74	51,79 ± 0,68	51,70 ± 0,68
Extrato etéreo	2,28 ± 0,11	2,20 ± 0,10	2,15 ± 0,13
Cálcio	0,76 ± 0,03	0,79 ± 0,02	0,78 ± 0,02
Fósforo	0,47 ± 0,03	0,44 ± 0,03	0,44 ± 0,03
EL ⁷ manutenção, Mcal/kg	2,10 ± 0,01	1,95 ± 0,01	1,97 ± 0,01
EL ganho, Mcal/kg	1,44 ± 0,01	1,31 ± 0,01	1,33 ± 0,01
<i>Distribuição das partículas⁸, % MO⁹</i>			
> 19,0 mm	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	4,09 ± 0,56
< 19,0 > 8,0 mm	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,02	2,18 ± 0,29
< 8,0 > 4,0 mm	77,96 ± 2,00	69,55 ± 1,79	71,48 ± 1,57
< 4,0 mm	21,97 ± 2,02	30,38 ± 1,80	22,25 ± 1,84

¹Matéria seca.

²Suplemento mineral: Ca: 14,75%; P: 2,48%; Mg: 1,21%; K: 1,92%; Na: 3,82%; Cl: 5,37; Fe: 1.464,33 mg/kg; Mn: 220,67 mg/kg; Zn: 530,67 mg/kg; Cu: 178,67 mg/kg; Vitamina A 60.467,45 IU/kg; Vitamina D3: 34,29 IU/kg; Vitamina E: 1.571,81 IU/kg; Monensina sódica: 1.065,25 g/Ton.

³O conteúdo nutricional é expresso como a média ± desvio padrão (n = 3).

⁴Fibra em detergente neutro medido usando α-amilase, sulfato de sódio e corrigida para teor de cinzas.

⁵Fibra em detergente neutro fisicamente efetivo.

⁶Fibra em detergente neutro indigestível, obtida após 240 horas de digestão *in vitro*.

⁷Energia líquida.

⁸Distribuição das partículas é expressa como a média ± desvio padrão (n = 3).

⁹Matéria orgânica.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Composição nutricional e distribuição das partículas da palha de trigo picada, palha de trigo peletizada e grãos de cevada.

Item	Palha de trigo picada	Palha de trigo peletizada	Grãos de cevada
<i>Conteúdo nutricional¹, % da MS²</i>			
MS, %	86,49 ± 1,63	91,59 ± 0,27	86,51 ± 0,70
Proteína bruta	3,90 ± 0,13	4,67 ± 0,22	11,43 ± 0,64
FDN ³	78,23 ± 0,04	72,87 ± 0,62	13,30 ± 3,53
Fator de eficácia física	81,5 ± 0,73	0,00 ± 0,00	82,01 ± 2,12
FDNfe ^{4,0}	63,64 ± 0,59	0,00 ± 0,00	10,95 ± 3,02
FDNi ⁵ _{240-h}	24,21 ± 0,16	25,06 ± 0,30	5,13 ± 0,01
Fibra em detergente ácido	52,8 ± 31,09	53,37 ± 0,56	6,43 ± 0,42
Amido	1,03 ± 0,31	1,97 ± 0,82	60,27 ± 0,76
Extrato etéreo	1,07 ± 0,44	1,55 ± 0,03	2,30 ± 0,11
Cálcio	0,96 ± 0,04	0,81 ± 0,01	2,20 ± 0,01
Fósforo	0,41 ± 0,03	0,26 ± 0,01	1,51 ± 0,01
EL ⁶ manutenção, Mcal/kg	0,96 ± 0,04	0,81 ± 0,01	2,20 ± 0,01
EL ganho, Mcal/kg	0,41 ± 0,03	0,26 ± 0,01	1,51 ± 0,01
<i>Distribuição das partículas⁷, % MO⁸</i>			
> 19.0 mm	40,89 ± 5,56	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
< 19.0 > 8.0 mm	21,18 ± 3,02	0,00 ± 0,00	0,08 ± 0,02
< 8.0 > 4.0 mm	19,28 ± 2,15	0,00 ± 0,00	81,93 ± 2,11
< 4.0 mm	18,65 ± 0,73	100,00 ± 0,00	17,99 ± 2,12

¹ O conteúdo nutricional é expresso como a média ± desvio padrão (n = 3).

²Matéria seca.

³Fibra em detergente neutro medido usando α-amilase, sulfato de sódio e corrigida para teor de cinzas.

⁴Fibra em detergente neutro fisicamente efetivo.

⁵Fibra em detergente neutro indigestível, obtida após 240 horas de digestão *in vitro*.

⁶Energia líquida.

⁷Distribuição das partículas é expressa como a média ± desvio padrão (n = 3).

⁸Matéria orgânica

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Manejo, arraçãoamento e cuidado com os animais

Antes do início do período experimental, os animais foram gradualmente adaptados em protocolo de escadas, por 40 dias, sendo fornecidas 5 dietas, as quais continham 70, 80, 85, 90 e 95% de ingredientes concentrados. A quantidade de ração oferecida durante o período de adaptação foi restrita a 2,3% do peso vivo, em uma base de MS, a fim de controlar o consumo de ração durante o período de adaptação. As novilhas foram alimentadas *ad libitum* e o arraçãoamento foi feito uma vez ao dia, às 09:00 h. Durante o período experimental, as rações foram fornecidas *ad libitum* e submetidas a ajustes de quantidade diariamente, com base na quantidade de sobra

nos cochos, a qual foi mantida entre 5 a 10% da quantidade oferecida, sendo removidas, coletadas e pesadas às 08:00 h. A água foi fornecida *ad libitum* durante todo o estudo. Embora a quantidade de ração oferecida e recusada tenha sido registrada diariamente, os dados utilizados para a análise estatística foram restritos aos coletados do dia 14 ao 21 de cada período experimental.

As amostras de sobra de cada período experimental foram compostas por novilha. Amostras representativas de ingredientes da ração (1 kg/d) e sobra (1 kg/d) foram coletadas diariamente entre os dias 14 e 21 às 08:00 h. Foram analisadas amostras dos ingredientes compostos da ração e das sobras para MS (secas a 55°C em estufa de ventilação a ar; AOAC 1990; método 930,15) e distribuição do tamanho de partículas utilizando o Separador de Partículas (Penn State Particle Separator, Nasco, Fort Atkinson, WI, EUA) com tamanhos de peneiras de 19 mm, 8 mm, 4 mm e fundo, como descrito por Heinrichs e Kononoff (2013).

O CMS, fibra em detergente neutro medido usando α -amilase, sulfato de sódio e corrigida para teor de cinzas (NDF), FDNfe e FDNi foram calculados com base na quantidade de ração oferecida e recusada, corrigindo para o conteúdo de MS, sendo expresso em kg. Além disso, a MS de todos os outros ingredientes foram medidos semanalmente. A inclusão de cada ingrediente na dieta foi atualizada com a MS mais recente dos alimentos. Amostras de cada ingrediente da ração e amostras das sobras foram moídas usando moinho de martelo em peneira de 1 mm (Christy e Norris Ltd, Chelmsford, Reino Unido) e foram analisadas para proteína bruta, NDF, fibra de detergente ácido, FDNi (obtido depois de 240 horas de digestão), amido, extrato etéreo, cálcio e fósforo no laboratório Cumberland Valley Analytical Services (Waynesboro, Pennsylvania, USA) como descrito por Pereira et al. (2021a).

A distribuição do tamanho das partículas de cada tratamento foi determinada em duplicata utilizando 1 litro de amostras representativas. O fator de eficácia física foi determinado como a proporção de partículas retidas nas peneiras de 19, 8 e 4 mm (HEINRICHS e KONONOFF, 2013). O cálculo do FDNfe foi adaptado de Mertens (1997), multiplicando o fator de eficácia física pela concentração de FDN de cada ingrediente da ração.

4.3 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo foi analisado usando câmeras de vídeo digital (JVC EverioR GZ-R440, Long Beach, CA 90.810) nos dias 14 ao dia 17 (Figura 1 e 2) de cada período experimental; uma câmera para três baias foi usada. As atividades dos animais foram registradas, a cada dois minutos durante 96 horas (começando às 08h00 do primeiro dia e terminando às 07h58 do último dia). Foram registrados dados de comportamento ingestivo para cada animal, do seguinte modo: tempo em alimentação, ruminação, ócio e bebendo água (expresso em minutos). O CMS, consumo de NDF, FDNfe e FDNi foram calculados com base na quantidade de ração oferecida e recusada. O número de refeições (foi considerada uma refeição, o tempo não interrompido que o animal ficou no cocho se alimentando). O tempo em alimentação por refeição foi calculado dividindo o tempo em alimentação pelo número de refeições, o CMS por refeição foi calculado dividindo o CMS pelo número de refeições.

Os dados de tempo em alimentação foram usados para calcular as taxas de alimentação (TA) da MS (tempo em alimentação / CMS), TA da NDF, (tempo em alimentação / consumo de NDF), e TA da FDNi (tempo em alimentação / consumo de FDNi). Também os dados de tempo em ruminação foram usados para calcular as taxas de ruminação (TR) da MS (tempo em ruminação / CMS), TR da NDF, (tempo em ruminação / consumo de NDF) e TR da FDNi (tempo em ruminação / consumo de FDNi). Ambos expressos em minutos por kg de MS.

Figura 1 - Registro da câmera de vídeo utilizada para análise do comportamento ingestivo, baias de 1 a 3



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2 - Registro da câmera de vídeo utilizada para análise do comportamento ingestivo, baias de 4 a 6



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 Análise estatística

O animal foi considerado como a unidade experimental ($n = 6/\text{tratamento}$). O modelo para todas as variáveis incluiu efeitos fixos dos tratamentos (0% de forragem, Peletizado, Picado). Além disso, animal, período e as interações entre período $\times$ tratamento foram incluídas como efeitos aleatórios. Todos os dados foram analisados

utilizando-se o procedimento PROC MIXED da SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC) com o teste Tukey para comparação de médias. Foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov) e heterogeneidade das variâncias de tratamento (opção de GROUP de SAS) antes da análise dos dados. Os resultados foram considerados significativos quando o valor $P \leq 0,05$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados do comportamento ingestivo estão apresentados na tabela 3. Não foi observado efeito ($P = 0,93$) dos tratamentos para CMS. Entretanto, animais alimentados com palha de trigo peletizada e palha de trigo picada tiveram maior consumo de FDN ($P < 0,001$) e FDN_{i240-h} ($P < 0,001$) quando comparados aos animais que consumiram 0% de forragem. A FDNfe está relacionada às características físicas da fibra que estimulam a mastigação (MERTENS 1997) e consequentemente a secreção de saliva. O fator de eficácia física é determinado como a proporção de partículas retidas nas peneiras com aberturas de 19 mm, 8 mm, e 1,18 mm; e mais recentemente 4 mm, pois partículas menores do que 1,18 mm podem passar pelo orifício retículo omasal (HEINRICHS e KONONOFF, 2013). O cálculo do FDNfe adaptado de Mertens (1997), multiplica o fator de eficácia física pela concentração de FDN de cada ingrediente da dieta. Pode-se aumentar a concentração de FDNfe aumentando a inclusão de forragem ou comprimento de partícula de forragem na dieta (Yang e Beauchemin, 2005, 2009).

Mertens (2002) recomendou um mínimo de 15% da FDNfe (com base na MS, considerando o fator de eficácia física calculado com a peneira de 1,18 mm) para bovinos confinados, com variação entre 12% a 18%. A recomendação de Mertens (2002) sugeriu uma concentração da FDNfe da dieta de 15,3% para maximizar o ganho de peso diário, 22% para minimizar abscessos hepáticos e 25% para maximizar o consumo de matéria seca. Além disso, Fox e Tedeschi (2002) recomendaram que a FDNfe da dieta fique entre 7% e 10% (com base na MS) para dietas de terminação, para manter o pH ruminal acima de 5,7. Claramente, há uma grande disparidade nos valores recomendados da FDNfe, e devido a este fato, os resultados dos estudos não são consistentes. Addah *et al.* (2015) avaliaram o efeito do comprimento do corte da silagem de cevada sobre o desempenho produtivo, comportamento alimentar e acidose ruminal em bovinos confinados. Os autores reportaram que bovinos

alimentados com 10.7% de FDNfe aumentaram o CMS em 0.5 kg/d quando comparados a animais alimentados com 7.1% de FDNfe. Contudo, a FDNfe neste estudo foi avaliada utilizando apenas as peneiras de 19 e 8 mm. Pereira *et al.* (2021a) avaliaram o efeito da inclusão da FDNfe com uma taxa de inclusão de em média 5,73% da MS sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de bovinos confinados e também não observaram efeito da FDNfe sobre o CMS. A inclusão de FDNfe nas dietas do presente estudo foram muito inferiores a recomendação de Mertens (2002) para maximizar o CMS (25% de FDNfe) e provavelmente devido a este fato não foi observado efeito dos tratamentos sobre esta variável.

O FDNi é medido com a determinação do resíduo de FDN remanescente após 240 h de fermentação *in vitro* (RAFFRENATO e VAN AMBURG, 2010), este também pode ser um fator estimulante da ruminação (PEREIRA *et al.*, 2021c; PEREIRA *et al.*, dados não publicados). Ran *et al.* (2021) e Pereira *et al.* (2021a) também não observaram efeito da inclusão de FDNi_{240-h} sobre o CMS. Entretanto, de acordo com Grant *et al.* (2020), o uso de FDNi_{240-h} melhorou a predição do CMS quando comparado apenas ao FDN na formulação de dietas de bovinos de leiteiros.

Williams *et al.* (dados não publicados) realizaram uma meta análise sobre o efeito do FDNi_{240-h} sobre o desempenho de bovinos de corte confinados, os autores concluíram que as respostas de desempenho produtivo são melhores previstas quando o FDNi_{240-h} é considerado na formulação de dietas em comparação apenas ao FDN. O maior consumo de FDN e FDNi_{240-h} dos animais alimentados com palha de trigo peletizada e palha de trigo picada no presente estudo se deve a maior inclusão dos mesmos nas dietas (Tabela 1), visto que os animais não apresentaram diferença em relação ao CMS.

Animais alimentados com 0% de forragem apresentaram maior tempo em ócio ($P < 0,001$) quando comparado aos animais alimentados com palha de trigo peletizada e palha de trigo picada. Porém animais alimentados com palha de trigo peletizada apresentaram maior tempo em ócio em relação aos animais alimentados com palha de trigo picada. Contudo, animais alimentados com palha de trigo picada apresentaram maior tempo em ruminação ($P < 0,001$) do que os animais que foram alimentados com 0% de forragem. No presente estudo animais alimentados com palha de trigo picada passaram menos tempo em ócio devido ao aumento do tempo em alimentação e ruminação, assim, o maior tempo em ócio observado nos animais

alimentados com 0% forragem se deve ao menor tempo em ruminação e alimentação, ressaltando assim a importância da inclusão de forragem em dietas de bovinos confinados, pois a fibra nela contida pode estimular a ruminação e a mastigação, atividades que geram a produção salivária (NASEM, 2016), composta por substâncias tamponantes e alcalinizantes, bicarbonato e fosfato, que agem na neutralização do pH ruminal (GENTRY *et al.*, 2016; WEISS *et al.*, 2017).

O FDN corresponde a fração fibrosa da planta insolúvel em solução de detergente neutro, (VAN SOEST, 1967) e pode ser fracionado em FDNfe, relacionada às características físicas da fibra que são eficazes em estimular a mastigação e ruminação (MERTENS, 1997) e FDNi, fração indigestível da fibra (FUSTINI *et al.*, 2017). Para se avaliar qualidade de forragem, a indigestibilidade da fibra também é um fator importante pois interfere no comportamento alimentar e na ruminação (COTANCH *et al.*, 2014). Jennings (2020) pesquisou os efeitos diferentes taxas de inclusão de talos de milho na ruminação em novilhos de corte em terminação, à medida em que a taxa de inclusão de FDNfe aumentou, o tempo em ruminação dos novilhos também aumentou.

O pH adequado torna o rúmen um ambiente ideal para digestão fermentativa que é realizada pelos microrganismos (MILLEN; ARRIGON; PACHECO, 2016) evitando distúrbios nutricionais como quadros de acidose e reduzindo a ocorrência de lesões ruminais, úlceras e abscessos hepáticos, além de maximizar o desempenho (OWENS *et al.*, 1998). A acidose pode causar mudanças no comportamento ingestivo, animais em acidose reduzem o consumo e tendem a reduzir o CMS a fim de reduzir os ácidos gerados pela fermentação ruminal, o que resulta em flutuações do CMS (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN *et al.*, 2003).

Animais alimentados com 0% de forragem apresentaram menor tempo em ruminação devido a menor inclusão de FDNfe e FDNi_{240-h} na dieta. Beauchemin e Yang (2005) também observaram que o tempo em ruminação aumentou com o aumento de FDNfe na dieta. Llonch *et al.* (2020) observou que aumentar a inclusão de FDNfe sem mudanças na inclusão de forragem aumentou o tempo de ruminação e pH ruminal. No presente estudo a FDNfe estimulou a ruminação, mas o FDNi_{240-h}, neste caso, não foi capaz.

Animais alimentados com palha de trigo picada apresentaram maior ($P < 0,001$) tempo em alimentação comparado aos animais que foram alimentados com palha de

trigo peletizada e 0% de forragem. Porém, animais que foram alimentados com palha de trigo peletizado tiveram maior tempo em alimentação em relação aos animais alimentados com 0% de forragem. A FDNfe estimula a mastigação e ruminação (MERTENS, 1997), logo, animais alimentados com palha de trigo picada passaram maior tempo se alimentando. Beauchemin e Yang (2005) reportaram que o número de mastigações e tempo de alimentação aumentaram com o aumento de FDNfe na dieta para vacas leiteiras, logo, a diminuição do teor de FDNfe reduziu o número de mastigações e o tempo em alimentação.

Pereira *et al.*, (2021c) avaliaram os efeitos de diferentes fontes de silagem, e inclusões de FDNfe e FDNi_{240-h} sobre o comportamento alimentar e pH ruminal. Os autores reportaram que o tempo em ruminação e alimentação aumentaram para as novilhas alimentadas com silagem de trigo com alto FDNfe em relação a dieta com silagem de trigo com baixo FDNfe. Também foi observado que a FDNi_{240-h} aumentou os tempos de alimentação e ruminação das novilhas alimentadas com silagem de trigo, mas não com silagem de cevada, assim como no presente estudo, onde animais alimentados com maior teor de FDNfe passaram um maior tempo em alimentação, entretanto não houve aumento de tempo em ruminação com o aumento de FDNi_{240-h} evidenciando que com uma taxa de inclusão permanente, a fonte de silagem e o comprimento do corte afetam o comportamento alimentar. Portanto, é importante levar em conta o tipo de silagem, FDNfe e FDNi_{240-h} na formulação de dieta para bovinos confinados.

Em outro estudo Pereira *et al.*, (2021b) avaliou os efeitos da concentração de FDNi_{240-h} e da taxa de inclusão de forragem sobre o CMS, pH ruminal, contrações reticulares e capacidade de permeabilidade gastrointestinal de bovinos de corte confinados. Os autores reportaram que o tempo em alimentação não foi afetado por pelo FDNi_{240-h}, porém, o FDNi_{240-h} aumentou o tempo em ruminação com a inclusão 5 a 10% de forragem, no presente estudo a inclusão de FDNi_{240-h} apresentou aumento no tempo em alimentação somente em relação ao tratamento 0% forragem e não apresentou diferença para tempo em ruminação, com uma taxa de inclusão de forragem semelhante (10%).

Não foi observado efeito dos tratamentos para tempo bebendo água ($P = 0,93$). Entretanto, animais alimentados com palha de trigo picada apresentaram maior número de refeições ($P = 0,005$) quando comparado aos animais alimentados com

0% de forragem, enquanto os animais alimentados com palha de trigo peletizada não diferiram dos outros tratamentos. Animais alimentados com maior inclusão de FDNfe (palha de trigo picada) tiveram maior necessidade de mastigação, consequentemente comeram menor quantidade de alimento por refeição, deste modo, precisaram ir mais vezes ao cocho. Não foi observado efeito dos tratamentos para tempo em alimentação por refeição ($P = 0,30$). Animais alimentados com 0% de forragem apresentaram maior CMS por refeição ($P = 0,008$) quando comparado aos animais alimentados com palha de trigo peletizada e palha de trigo picada, os animais do tratamento 0% forragem tiveram maior CMS por refeição, provavelmente devido ao menor tempo em alimentação e mesmo CMS comparado aos outros tratamentos, como estes animais passaram menor tempo em alimentação, o CMS por refeição aumentou. O alimento volumoso ocupa maior espaço no rúmen e exige um maior tempo de mastigação.

Em relação a taxa de alimentação, animais alimentados com 0% de forragem tiveram menor taxa de alimentação da MS ($P = 0,03$) comparado aos animais alimentados com palha de trigo picada. Entretanto, animais alimentados com palha de trigo peletizada não apresentaram diferença em relação aos outros tratamentos. Não foi observado efeito dos tratamentos ($P = 0,33$) para taxa de alimentação da FDN, assim como para taxa de alimentação da $FDNi_{240-h}$ ($P = 0,16$). As taxas de alimentação de MS, FDN e $FDNi_{240-h}$ são calculadas com base no tempo em alimentação e consumo de MS, FDN e $FDNi_{240-h}$ de cada tratamento, portanto os resultados são relativos, animais alimentados com 0% forragem passaram menor tempo em alimentação, sendo assim, é esperado que os resultados sejam semelhantes.

Animais alimentados com palha de trigo picada tiveram maior taxa de ruminação da MS ($P < 0,001$) quando comparados aos animais alimentados com palha de trigo peletizada e 0% de forragem. Porém, animais alimentados com palha de trigo peletizada apresentaram maior taxa de ruminação da MS em relação aos alimentados com 0% de forragem. Não foi observado efeito dos tratamentos para taxa de ruminação da FDN ($P = 0,12$), assim como não foi observado efeito dos tratamentos para taxa de ruminação de $FDNi_{240-h}$ ($P = 0,13$). As taxas de ruminação de MS, FDN e $FDNi_{240-h}$ são calculadas com base no tempo em ruminação e consumo de MS, FDN e $FDNi_{240-h}$, portanto, os resultados são semelhantes aos resultados de tempo em ruminação, animais alimentados com palha de trigo picada passaram maior tempo em ruminação comparado aos animais alimentados com 0% forragem,

portanto, animais alimentados com palha de trigo picada também apresentaram uma maior taxa de ruminação de MS.

Tabela 3 - Efeito da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) e concentração de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) sobre comportamento ingestivo de novilhas de corte canuladas no rúmen (n = 6).

Item	Tratamentos			EPM	Valor de <i>P</i>
	0% Forragem	Peletizado	Picado		
<i>Consumo, kg/d</i>					
MS ¹	10,85	11,02	10,83	0,48	0,93
FDN ²	1,63 ^b	2,32 ^a	2,31 ^a	0,17	<0,001
FDNi ³ _{240-h}	0,52 ^b	0,75 ^a	0,72 ^a	0,04	<0,001
<i>Tempo em, min/d</i>					
Ócio	1107,18 ^a	1047,08 ^b	994,56 ^c	17,01	<0,001
Ruminação	220,16 ^b	252,84 ^{ab}	280,59 ^a	14,08	0,01
Alimentação	87,58 ^c	114,63 ^b	140,03 ^a	9,48	<0,001
Bebendo água	25,08	25,45	24,82	1,12	0,93
Número de refeições, n/d	17,79 ^b	21,50 ^{ab}	24,21 ^a	1,83	0,005
Tempo de alimentação por refeição, min	5,33	5,42	6,05	0,64	0,30
Consumo de MS por refeição, kg/d	0,67 ^a	0,52 ^b	0,47 ^b	0,06	0,008
<i>Taxa de alimentação, min/kg de MS/d</i>					
MS	8,16 ^b	10,58 ^{ab}	12,86 ^a	0,81	0,03
FDN	54,77	51,88	60,25	5,71	0,33
FDNi _{240-h}	170,38	158,15	192,84	14,91	0,16
<i>Taxa de ruminação, min/kg de MS/d</i>					
MS	16,25 ^c	24,40 ^b	31,14 ^a	1,38	<0,001
FDN	161,62	139,16	148,03	16,48	0,12
FDNi _{240-h}	427,05	347,86	390,59	29,19	0,13

¹Matéria seca.

²Fibra em detergente neutro medido usando α -amilase, sulfato de sódio e corrigida para teor de cinzas.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o FNDfe e FDNi_{240-h} afetou o comportamento ingestivo de bovinos de corte alimentados com dietas contendo alta energia. Os resultados do presente estudo sugerem ainda que o uso de FDNfe foi mais eficaz do que FDNi_{240-h} para estimular a ruminação e pode fornecer informações úteis sobre a inclusão de FDN ao avaliar a adequação de fibra na formulação de dietas para bovinos de corte confinados.

REFERÊNCIAS

- ADDAH, W.; BAAH, J.; OKINE, E. K.; McALLISTER, T. A. Effect of barley silage chop length and inoculation on growth performance, feeding behavior, and ruminal acidosis in finishing feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 2309-2321, 2015.
- 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, n. 6, p. 2117-2129, 2005.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2011.
- CHANDLER, J. A.; JEWELL, W. J.; GOSSETT, L. M.; VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. **Predicting methane fermentation biodegradability. Final report**. Solar Energy Research Inst. (SERI), Golden, CO (United States), 1980.
- CRAWFORD, G. I.; KEELER, C. D.; WAGNER, J. J.; KREHBIEL, C. R.; ERICKSON, G. E.; CROMBIE, M. B.; NUNNERY, G. A. Effects of calcium magnesium carbonate and roughage level on feedlot performance, ruminal metabolism, and site and extent of digestion in steers fed high-grain diets. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 11, p. 2998-3013, 2008.
- CHIBISA, G. E.; BEAUCHEMIN, K. A.; KOENING, K. M.; PENNER, G. B. Optimum roughage proportion in barley-based feedlot cattle diets: total tract nutrient digestibility, rumination, ruminal acidosis, short-chain fatty absorption, and gastrointestinal tract barrier function. **Journal of Animal Science**, [S.l.], v. 98, n. 6, p. 1-14, 2020.
- CORREA, F.; SCHILD, A. L.; MENDEZ, C. M.; LEMOS, R. A. A. **Doenças de ruminantes e equinos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2001. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/sanidade/livros/DOENCAS%20DE%20RUMINANTES%20E%20EQUINOS.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.
- COTANCH, K. W.; GRANT, R. J.; VAN AMBURGH, M. E.; ZONTINI, A.; FUSTINI, M.; PALMONARI, A.; FORMIGONI, A. **Applications of uNDF in modeling and formulation**. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286786486_Applications_of_uNDF_in_ration_modeling_and_formulation Acesso em: 27 jun. 2022.
- DeVRIES, T. J.; DOHME, F.; BEAUCHEMIN, K. A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 10, p. 3958-3967, 2008.
- FRANDSON, R. D.; WILKINSON, L. W.; DEE FAIR, A. **Anatomy and physiology of farm animals**. 6. ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2003.

FRANDSON, R. D.; WILKIN, L. W.; DEE FAIR, A., **Anatomy and physiology of farm animals**. 6. ed. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Wilkins, 2003.

FUSTINI, M.; PALMONARI, A.; CANESTRARI, G.; BONFANTE, E.; MAMMI, L.; PACCHIOLI, M. T.; SNIFFEN, G. C. J.; GRANT, R. J.; COTANCH, K. W.; FORMIGONI, A. Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4475-4483, 2017.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. In: THE PLAINS NUTRITION CONFERENCE, 2002, San Antonio. **Proceedings** [...] San Antonio: Texas & M University AgriLife Research and Extension Center, 2002. p. 67-81.

GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14, p. 8-16, 2003.

GALYEAN, M. L. e RIVERA, J. D. Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 1, p. 13-20, 2003.

GENTRY, W. W.; WEISS, C. P.; MEREDITH, C. M.; MCCOLLUM, F. T.; COLE, N. A.; JENNINGS, J. S. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 11, p. 4759-4770, 2016.

GRANT, R. J.; SMITH, W. A.; MILLER, M. D.; ISHIDA, K.; OBATA, A.; WILLIAM, H. **Relationships Between, Undigested and Physically Effective Fiber in Lactating Dairy Cows**. [S. l.]; [s. n.], 2018. Disponível em: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/59839/Grant%20%28manu%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 27 jun. 2022.

GRANT, R. J.; SMITH, W. A.; MILLER, M. D. Relationships Between Fibre Digestibility and Particle Size for Lactating Dairy Cows. **Advances in Dairy Technology**, v. 32, p. 47-57, 2020.

GONÇALVES, A. L.; LANA, R. D. P.; RODRIGUES, M. T.; VIEIRA, R. A. M.; QUEIROZ, A. C.; HENRIQUE, D. S. Padrão nictermeral do pH e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1886-1982, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49520508.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

HEINRICHS, J.; KONONOFF, P. The Penn state particle separator. **Penn State Extension, University Park, PA. DSE**, v. 186, p. 1-8, 2013.

HOSSEINI, S. M.; MESGARAN, M. D.; VAKILI, A. R.; NASERIAN, A. A.; KHAFIPOUR, E. Altering undigested neutral detergent fiber through additives applied in corn, whole barley crop, and alfalfa silages, and its effect on performance of lactating Holstein dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 32, n. 3, p. 375-386, 2019.

JENNINGS, J. S.; LOCKARD, C. L.; TEDESCHI, L. O.; LAWRENCE, T. E. Effects of corn stalk inclusion rate on rumination and ruminal pH in finishing beef steers. **Applied Animal Science**, v. 36, n. 3, p. 377-388, 2020.

KAHYANI, A.; GHORBANI, G. R.; ALIKHANI, M.; GHASEMI, E.; SADEGHI-SEFIDMAZGI, A.; BEAUCHEMIN, K. A.; NASROLLAHI, S. M. Performance of dairy cows fed diets with similar proportions of undigested neutral detergent fiber with wheat straw substituted for alfalfa hay, corn silage, or both. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 12, p. 10903-10915, 2019.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 4, p. 1445-1457, 2003.

LIMA, C. L.; MARTINS, D. C. Acidose láctica ruminal em bovinos: aspectos clínicos, métodos diagnósticos e terapias de tratamento. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 4, p. 184-189, 2017.

LLONCH, L.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Increasing the content of physically effective fiber in high-concentrate diets fed to beef heifers affects intake, sorting behavior, time spent ruminating, and rumen pH. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 6, p. 1-9, 2020.

MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. B.; PACHECO, R. D. L. **Rumenology**. Switzerland: Springer, 2016.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B. GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, 2009.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.80, n. 7, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D. R. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING MEETING, 2002, San Antonio. **Proceedings** [...]. San Antonio: Texas A&M Research and Extension Center Publication, 2002. p. 40–66.

NAGARAJA, T. G. e CHENGAPPA, M. M. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 287-298, 1998.

KUNG Jr. L; HESSION, A. O. Preventing in vitro lactate accumulation in ruminal fermentations by inoculation with *Megasphaera elsdenii*. **Journal of Animal Science**, p. 73, n. 1, p. 250-256, 1995.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 90 p. E17–E38, 2007.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8. ed. Washington: The National Academies Press, 2016.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GRILL, D. R. Acidosis in cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

PALMONARI, A.; FUSTINI, M.; CANESTRARI, G.; GRILLI, E.; FORMIGONI, A. Influence of maturity on alfalfa hay nutritional fractions and indigestible fiber content. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 12 p. 7729-7734, 2014.

PALMONARI, A.; GALLO, A.; FUSTINI, M.; CANESTRARI, G.; MASOERO, F.; SNIFFEN, C. J.; FORMIGONI, A. Estimation of the indigestible fiber in different forage types. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 1, p. 248-254, 2016.

PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; MIRANDA, L. F.; FERNANDES, A. M.; CABRAL, L. S. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e taxas de degradação in vitro da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.

PEREIRA, M. C. S.; YANG, W. BEAUCHEMIN, K. MCALLISTER, T. WOOD, K. PENNER, G. Effect of silage source, physically effective neutral detergent fiber, and undigested neutral detergent fiber concentrations on performance and carcass characteristics of finishing steers. **Translational Animal Science**, v. 5, n. 1, 2021a. DOI 10.1093/tas/txaa236.

PEREIRA, M. C. S. **Desempenho produtivo, comportamento ingestivo, características de carcaça, morfometria ruminal e cecal em bovinos nelore confinados submetidos a restrição nutricional ou consumo de ingredientes concentrados antes do período de adaptação**. 2019. 106 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

PEREIRA, M. C. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; McALLISTER, T. A.; YANG, W.; DONKERSGOED, J. V.; GIBB, D.; WOOD, K. M.; PENNER, G. B. Effect of undigested neutral detergent fiber concentration and forage inclusion rate on ruminal pH, reticular motility, and total tract permeability for finishing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 3, p. 457-458, 2021b.

PEREIRA, M. C. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; McALLISTER, T. A.; YANG, W.; DONKERSGOED, J. V.; GIBB, D.; WOOD, K. M.; PENNER, G. B. Silage source, physically effective neutral detergent fiber, and undigested neutral detergent fiber concentrations affect eating behavior, ruminal pH and reticular motility of finishing heifers. **Journal of Animal Science**, v. 99, n.3 p. 476-477, 2021c.

RAFFRENATO, E.; VAN AMBURG, M. E. Development of a mathematical model to predict sizes and rates of digestion of a fast and slow degrading pool and the indigestible NDF fraction. **IN: Proc. Cornell Nutr. Conf., Syracuse, NY**. p. 52-65, 2010.

RAN, T.; SALEEM, A. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; PENNER, G. B.; e YANG, W. Processing index of barley grain and dietary undigested neutral detergent fiber concentration affected chewing behavior, ruminal pH, and total tract nutrient digestibility of heifers fed a highgrain diet. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 1. P. 1-14, 2021.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. H.; CREWS, D.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M.; McALLISTER, T. A. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 14, p. 149-158, 2003.

SAMUELSON, K. L.; HUBBERT M. E.; GALYEAN, M. L.; LÖEST, C. A. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. **Journal Animal Science**, v. 94, n. 6, p. 2648-2663, 2016.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 3, p. 1090-1098, 2005.

YANG, W. Z; BEAUCHEMIN, K.A. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: Chewing and ruminal pH. **Journal of Dairy Science** V. 92 n. 4, p. 1603-1615, 2009.

WEISS, C. P.; GENTRY, W. W.; MEREDITH, C. M.; MEYER, B. E.; COLE, N. A.; TEDESCHI, L. O.; McCOLLUM, F. T.; JENNINGS, J. S.; Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 4 p. 1707-1714, 2017.

ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJAJ, M.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B. N.; DROCHNER, W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 3, p. 1041-1056, 2012.