Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Consumo, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo, de novilhos Zebuínos alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro de feno de gramínea de baixa qualidade

Maria Erika Picharillo

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Maria Erika Picharillo
Zootecnista

Consumo, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo, de novilhos Zebuínos alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro de feno de gramínea de baixa qualidade

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Picharillo, Maria Erika

Consumo, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo, de novilhos Zebuínos alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro de feno de gramínea de baixa qualidade / Maria Erika Picharillo. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.- -Piracicaba, 2019.

55 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Feno 2. Níveis de fibra 3. Parâmetros ruminais 4. Digestibilidade dos nutrientes I. Título

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu porto seguro em toda e qualquer situação.

Aos meus pais: Beto e Maria de Lourdes, e a minha irmã, Maria Laura, por todo amor, dedicação e apoio incondicional. Por entenderem a minha ausência e por se fazerem presentes, mesmo estando fisicamente longe. À ESALQ, por abrir as portas para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor Flávio Augusto Portela Santos, por aceitar o grande desafio que seria a minha orientação. Por me ensinar a olhar com empatia para as adversidades surgidas durante o caminho, por compreender minhas limitações, e principalmente, pela paciência ao me orientar durante meu processo de aprendizagem.

Ao Professor Alexandre Vaz Pires, pela cirurgia e suporte pós-cirúrgico ministrado aos animais deste experimento, pela disponibilidade e atenção, ao sanar algumas dúvidas surgidas ao longo do mestrado.

Ao professor da Universidade Federal de Goiás, Juliano José de Resende Fernandes, por todo suporte prestado durante os 5 meses em que fiquei na fazenda experimental da NUTRIPURA®.

Ao Professor Paulo Mazza, pela disponibilidade em me ajudar, por despertar meu interesse em explorar novas hipóteses, e por me auxiliar a encarar as adversidades de uma forma positiva.

À empresa NUTRIPURA®, por patrocinar os ingredientes deste experimento, e por me proporcionar 5 meses de muito aprendizado, tanto profissional quanto pessoal.

Aos Professores do departamento de Zootecnia: Profª. Carla Bittar, Profº. Flávio Portela, Profª. Ivanete Susin, Profº. Zico, Profº. Roberto Sartori, Profº.Mentem, Profº.Bianchi, pelas aulas ministradas, que contribuíram para minha formação acadêmica durante o mestrado.

À Profª Cyntia Ludovico Martins, Profª. Carla Bittar, Dr. Alexandre Berndt e Daniel Montanher Polizel pelo auxílio na correção desse trabalho.

Ao Sr. Laureano, exemplo de profissional, por quem tenho um carinho imensurável. Por todo aprendizado que me proporcionou, por todos os conselhos, que levo com muito carinho por onde eu for.

Ao Rogério, Renato, Emerson e Juça, por toda a ajuda prestada durante a fase experimental a campo, e por todos os momentos de descontração compartilhados.

Agradeço de modo muito especial aos amigos e integrantes do grupo de pesquisa (NUTRIBOV): Andréss, Anzor, Arquimeds, Camila, Farelo, Jú, Lilão, Lud, Titanic, Zé Maurício. Por todo aprendizado e experiências compartilhadas, por tantas conversas construtivas, por tantos momentos de descontração, pelo apoio imensurável que vocês me proporcionaram durante o mestrado.

Aos estagiários do grupo de pesquisa NUTRIBOV e aos estagiários de conclusão de curso: Xena, Jak-bô, Guzano, Ti-kero, Roberta e Geraldo, pela dedicação, interesse e pró-atividade, e por tornarem o trabalho mais agradável com a alegria de vocês.

Ao colega Alexandre, pelo auxílio no procedimento cirúrgico dos animais deste experimento.

Ao Mormaço (Daniel), por sanar minhas dúvidas quando o solicitei, por todo o aprendizado compartilhado, sempre de uma forma muito didática.

Ao Caipora (Tiago), por abdicar do seu tempo de descanso para me ajudar na interpretação de dados.

Ao Marcos, pelas horas a menos de sono dedicadas em me auxiliar na interpretação de dados estatísticos. Por toda força nos momentos de sufoco que foi de imensa ajuda.

À minha amiga Goreti (Carla), por todo apoio, pela amizade, confiança, e por tornar os momentos de coletas menos exaustivos.

À república Cupido (Mirna, Goreti, Samy, Pauleti, Foiela, Fêmily), que foi minha segunda casa durante um ano. Por todos os momentos de descontração compartilhados e por todo o apoio.

Às meninas do apê 154 (K-rma, Midá, Onesta, Pri e K-bok), por toda a amizade e apoio.

À K-bok e a Pri, pelo tempo disponibilizado em me ajudar nos dias de coletas.

À CAPES, pela oportunidade de bolsa de estudos.

A todos que contribuíram de alguma forma para a condução desse trabalho, o meu mais sincero: **MUITO OBRIGADA!!**

SUMÁRIO

RESUMO....6
ABSTRACT....7
LISTA DE FIGURAS....8
LISTA DE TABELAS....9
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS....10
1. INTRODUÇÃO....11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA....13
2.1. CONCEITO E CARACTERIZAÇÃO DOS CARBOIDRATOS....13
2.2. TEORES DE FIBRA E SUA IMPLICAÇÃO NA DIETA DE BOVINOS CONFINADOS....14
2.3. USO DO RESÍDUO PÓS-COLHEITA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES COMO FONTE DE FDN DE VOLUMOSO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE....18
2.4. CARACTERÍSTICAS DA CASCA DE SOJA E SUA INCLUSÃO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS....18
3. MATERIAL E MÉTODOS....21
3.1. LOCAL DO EXPERIMENTO....21
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, MANEJO ALIMENTAR E ANIMAL....21
3.3. ANÁLISES COMPORTAMENTAIS....24
3.4. PARÂMETROS RUMINAIS....25
3.5. COLHEITA TOTAL DE FEZES....25
3.6. COLHEITA DE AMOSTRAS E ANÁLISES QUÍMICAS LABORATORIAIS....25
3.7. DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES....27
3.8. DETERMINAÇÃO DA ENERGIA LÍQUIDA DAS RAÇÕES....27
3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA....28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO....31
4.1. DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES....31
4.2. VALORES DE ENERGIA LÍQUIDA DAS DIETAS EXPERIMENTAIS....35
4.3. COMPORTAMENTO INGESTIVO....36
4.4. PARÂMETROS RUMINAIS....38
4.5. PH DO FLUIDO RUMINAL....40
4.6. CONCENTRAÇÃO DE $N\text{-}NH_3$ AO LONGO DO DIA....41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS....45
REFERÊNCIAS....47

RESUMO

Consumo, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo, de novilhos Zebuínos alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro de feno de gramínea de baixa qualidade

A utilização de volumoso em dietas de bovinos em terminação é importante para estimular a ingestão de energia, manter a saúde ruminal e diminuir distúrbios digestivos. A literatura é carente de informação, especialmente nas condições tropicais e em especial com animais zebuínos em relação à níveis e fontes de volumosos e seus efeitos no comportamento ingestivo, saúde e metabolismo ruminal de bovinos em terminação. Os objetivos desse experimento foram avaliar teores de FDN de feno (FDNf) de baixa qualidade, em dietas contendo alto teor de concentrado, quanto ao consumo, digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo e parâmetros ruminais de bovinos confinados. Foram utilizados cinco bovinos machos, castrados, da raça Nelore (PC inicial 337,0±10,0kg) distribuídos em um delineamento em quadrado latino 5x5. Cada período experimental foi composto por 20 dias, sendo os 15 primeiros dias destinados à adaptação dos animais e os cinco dias restantes, às colheitas. As dietas experimentais foram formuladas para serem isoproteicas e conterem 4,5; 8,0; 11,5 e 15,0% de FDNf (% na MS) de baixa qualidade e 64,7, 60,7, 56,6, 52,5% de milho moído e 14,5, 14,3, 14,0, 13,8% de casca de soja. O quinto tratamento foi constituído por 18,5% de FDNf e 20,9% de casca de soja. Todos os tratamentos foram inclusos na análise de regressão e polinômios ortogonais (linear e quadrático) foram utilizados para avaliar o efeito de concentrações de FDNf para os quatro primeiros tratamentos. Foi realizado um contraste entre o quarto e o quinto tratamento. O aumento do teor de FDNf nas dietas ocasionou efeito quadrático ($p < 0,1$) para IMS, NDT e MO. Os consumos de CNF, CHOT, PB e EE não foram afetados pelos tratamentos ($p > 0,1$). As concentrações de NDT ($p < 0,01$), as digestibilidades aparentes totais da MS ($p < 0,01$), MO ($p < 0,01$), FDN ($p= 0,05$), CHOT ($p < 0,01$) e da PB ($p = 0,06$) foram reduzidas linearmente com o aumento do teor de FDNf na dieta. As digestibilidades aparentes totais de CNF ($P = 0,70$) e EE ($P = 0,86$) não foram afetadas pelos tratamentos. As concentrações de EM, ELm e de ELg foram reduzidas ($p<0,01$) de forma linear com a inclusão de FDNf nas dietas. A inclusão de FDNf nas dietas aumentou de forma quadrática ($p<0,05$) o tempo de ingestão, ruminação e mastigação dos animais. Por kg de MS, houve aumento linear no tempo ingestão ($p<0,05$), ruminação ($p<0,01$) e mastigação ($p<0,01$). Por kg de FDNf houve aumento linear no tempo de ruminação ($p<0,1$) e de mastigação (P,0,05). Aumentar o teor de FDNf nas dietas proporcionou aumento linear ($p<0,05$) no pH e no teor de $N\text{-}NH_3$ ruminal do animais. Também houve aumento linear na proporção molar de acetato ($p< 0,01$), isobutirato ($p = 0,10$) e na relação C2:C3 ($p< 0,05$). A inclusão de 18,5% de FDNf e 20,9% de CS (% na MS) na dieta ocasionou aumento ($p < 0,05$) nos consumos de MS, NDT, MO e FDN, ELm ($p<0,1$) e ELg ($p<0,1$). Aumentar a inclusão de FDNf para 18% e CS para 20,9% na dieta aumentou a digestibilidade aparente total da FDN ($p<0,1$).A inclusão de 18,5% de FDNf e 20,9% de CS na dieta ocasionou aumento no tempo, expresso em min dia-1, de ingestão ($p< 0,05$) e mastigação ($p< 0,05$). Aumentar o teor de FDNf e CS na dieta ocasionou aumento na proporção molar de acetato ($p<0,1$) e aumento na relação C2:C3 ($p< 0,05$). A manipulação do teor de FDNf da dieta permite alterar a ingestão de energia, o comportamento ingestivo, a eficiência fermentativa no rúmen de animais confinados.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia Curta; Amônia ruminal; Confinamento; Fibra

ABSTRACT

Intake, digestibility of nutrients, ruminal parameters and ingestive behavior of Zebu steers fed different levels of neutral detergent fiber from low quality hay

Roughage is included in beef cattle finishing diets to increase feed and energy intakes, while maintaining rumen health and reducing digestive disorders. The available literature is scarce regarding to the effects of levels of roughage in finishing diets for Zebu cattle on ingestive behavior and rumen parameters. The objectives of this experiment were to evaluate the effects of levels of NDF from hay of low quality in finishing diets containing high levels of concentrate on consumption, digestibility of nutrients, ingestive behavior and rumen parameters of zebu cattle. Five Nellore steers (337,0±10,0kg IBW) were used in a 5x5 Latin-square design. Each experimental period lasted 20 days, the first 15 days were used for adaptation and the last 5 days for collection. The experimental diets were formulated to be isoprotein with 4,5; 8,0; 11,5 or 15,0% of NDF (% in DM) from low quality hay (rNDF) and 64.7, 60.7, 56.6, 52.5% ground corn and 14.5, 14.3, 14.0, 13.8% soybean hulls. The fifth treatment consisted of 18.5% of hay NDF and 20.9% of soybean hulls. All treatments were submitted to the regression analysis and orthogonal polynomials (linear and quadratic) were used to evaluate the effect of roughage NDF concentrations for the first four treatments. A contrast was used to compare the fourth and the fifth treatments. The increase of rNDF level in the diet caused a quadratic response ($P < 0,1$) on intakes of DM, OM and TDN ($p<0.01$), while the intakes of NFC, TCHO, CP and EE were not affected by treatments ($p>0.1$). The diets TDN ($p<0.01$) and the total tract apparent digestibilities of DM, ($p<0.01$), OM ($p< 0.01$), NDF ($P=0.05$), TCHO ($p< 0.01$) and CP ($P = 0.06$) decreased linearly as low quality hay NDF was included in the diets. The total tract apparent digestibilities of NFC ($P = 0,70$) and EE ($P = 0,86$) were not affected by treatments. The diet concentrations of ME, NEm and NEg, decreased linearly ($p<0,01$) as roughage NDF level increased in the diets. Inclusion of roughage NDF in the diets caused a quadratic increase ($p<0.05$) in ingestion time, rumination time and mastication time (minutes per day). When ingestive behavior was expressed per kg of DM there was a linear increase in ingestion time ($p<0,05$), rumination time ($p<0,01$) and mastication time ($p<0,01$). When ingestive behavior was expressed per kg of roughage NDF there was a linear increase in rumination time ($p<0.1$) and mastication time ($p<0.05$). Inclusion of roughage NDF in the diets caused a linear increase ($p<0.05$) in rumen pH ($p<0.05$), in rumen $N\text{-}NH_3$ ($p<0.05$), in the molar proportions of acetate ($p< 0,01$) and isobutirate ($p< 0,1$), and in the rumen C2:C3 ratio ($p< 0,05$). The diet containing 18.5% of roughage NDF and 20.9% of soybean hulls (% of DM) increased the consumptions of DM ($p<0.05$), TDN ($p<0,05$), OM ($p<0.05$), NDF ($p<0.05$), NEm ($p<0,1$) and NEg ($p<0,1$) compared with the containing 15% of roughage NDF and 13.8% soybean hulls. Increasing roughage NDF to 18.5% and soybean hulls to 20.9% in the diet increased the total apparent digestibility of NDF ($p<0,1$), and ingestion ($p<0.05$) and chewing ($p<0.05$) times expressed in $min.day^{-1}$. Increasing roughage NDF and soybean hulls in the diet increased the molar proportion of acetate ($p< 0.1$) and the C2:C3 ratio ($P < 0,05$). The manipulation of the roughage NDF content of finishing diets allows to manipulate energy intake, ingestive behavior and efficiency of rumen fermentation of Zebu cattle.

Keywords: Short chain fatty acids; Ruminal ammonia; Feedlot; Fiber

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeito das concentrações de FDN de feno (4,5; 8; 11,5 e 15%) sobre a IMS (kg/dia) e ingestão de NDT (kg/dia) de novilhos Nelore..... 34

Figura 2: Variação ao longo do dia do pH ruminal em função das dietas experimentais, Setas indicam o período m que o ph permaneceu abaixo de 6,0.....43

Figura 3. Variação ao longo do dia da concentração de amônia ruminal mg/dl) em função das dietas experimentais.....44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tamanho médio (mm) e distribuição do tamanho de partículas (%) do milho moído.....22

Tabela 2. Composição química do feno, milho moído, casca de soja, caroço de algodão e farelo de algodão, utilizados nas dietas experimentais. 23

Tabela 3. Tamanho médio de partícula (TMP) e FDN fisicamente efetivo (FDNfe) do feno de palhada utilizado nas dietas experimentais. 23

Tabela 4. Proporções dos ingredientes e composição química das dietas experimentais de novilhos Nelore com diferentes concentrações de FDN de feno de palhada. 24

Tabela 5. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes de Novilhos Nelore, alimentados com as dietas experimentais. 31

Tabela 6. Valores observados de energia metabolizável, energia líquida de manutenção (kg/MS), energia líquida de ganho (kg/MS), e ingestão de energia líquida de manutenção e ganho (Mcal/dia) das dietas experimentais.....35

Tabela 7. Tempos (minutos/dia) despendidos com atividades de ruminação, ócio e comendo de bovinos Nelore em confinamento alimentados com cinco diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de feno. 37

Tabela 8. Parâmetros ruminais de novilhos Nelore alimentados com rações contendo diferentes concentrações de FDN de Feno. 40

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

AGV = Ácidos graxos de cadeia curta

CF = Carboidratos fibrosos

CS = Casca de soja

CNF = Carboidratos não fibrosos

EE = Extrato etéreo

EE = Energia de manutenção

ELg = Energia líquida de ganho

ELm = Energia líquida de mantença

FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro

FDNfe = Fibra insolúvel em detergente neutro fisicamente efetiva

FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido

GPD = Ganho de peso diário

IMS = Ingestão de matéria seca

MS = Matéria seca

PCQ = Peso de carcaça quente

PB = Proteína Bruta

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a inclusão de forragens em dietas de confinamento de gado de corte tem diminuído nas últimas décadas, em virtude do aumento da competitividade do custo por unidade de energia dos grãos de cereais e coprodutos em comparação com alimentos volumosos. (OLIVEIRA E MILLEN, 2014; VALADARES FILHO et al., 2014; OWENS, 2015). Em 2009, os principais confinamentos comerciais do Brasil utilizaram a inclusão de 28,8% (mínimo de 12% e máximo de 45%) de volumosos na dieta de gado de corte em terminação (Millen et al., 2009). Em 2014, a média de inclusão utilizada foi de 21% (mínimo de 10% e máximo de 45%) (OLIVEIRA & MILLEN, 2014). No ano de 2016, a média de inclusão de volumoso apresentou valor de 20,6 (mínimo de 15% e máximo de 38%) (PINTO & MILLEN, 2016), semelhante ao relatado no ano de 2014, porém, diferente ao apresentado no ano de 2009. Esse cenário aborda o perfil dos produtores em diminuir a inclusão de volumosos em dietas de gado de corte em terminação ao longo dos anos.

É necessário cautela ao reduzir drasticamente o teor de volumoso em dieta de gado de corte em terminação da raça Nelore. Teores insuficientes de fibra na dieta podem resultar em acúmulo de ácidos orgânicos no rúmen, com simultânea redução do pH ruminal, o que pode prejudicar a saúde do rúmen e gerar impactos negativos no desempenho animal (NAGARAJA et al., 2007). Além disso, a inclusão de volumoso em dietas de alta densidade energética estimula o consumo da dieta (GALYEAN, DEFFOR, 2003; MARQUES et al., 2016; SANTOS et al., 2017), o consumo de energia e o ganho de peso dos animais (MARQUES et al., 2016; SANTOS et al., 2017), mas pode comprometer a eficiência alimentar (SANTOS et al., 2017).

A alimentação de bovinos com volumosos de baixa qualidade, como resíduos de culturas, forragens estocadas e fenos de baixa qualidade é uma prática comum na indústria de carne bovina (HORNEY et al., 1996). Geralmente, esses materiais apresentam baixo valor nutritivo e alto valor de FDN, e contribuem como fonte de fibra fisicamente efetiva para estimular a ruminação e produção de saliva (MERTENS,1997). Melo (2015) estudou a inclusão de 4, 7 10 e 13% de FDN de bagaço de cana em dietas para machos Nelore não castrados, alta em milho moído grosso ou floculado. A inclusão de feno na dieta causou aumento quadrático no consumo de MS, aumento linear no tempo de ruminação e no pH ruminal, mas causou redução linear na concentração molar de AGCC totais e na relação acetato:propionato independente do método de processamento do milho. A incidência de rumenite foi baixa e não alterada pelo nível de FDN de volumoso na dieta e não houve efeito de nível de volumoso na eficiência, peso final e ganho de peso dos animais.

A maior parte das informações disponíveis na literatura sobre nível de volumoso em dietas para bovinos confinados tem sido publicada na América do Norte, principalmente com dietas ricas em milho ou dietas contendo milho e co-produtos da indústria de milho, como farelo proteinoso de milho ou coprodutos da produção de etanol de milho. De acordo com Oliveira e Millen (2014), o caroço de algodão, a polpa cítrica, e a casca de soja são os coprodutos mais utilizados nas dietas de confinamento no Brasil. Apenas um trabalho de desempenho animal foi encontrado na literatura, onde

se estudou nível de volumoso em dietas com caroço de algodão e casca de soja (SANTOS et al., 2017).

Santos et al. (2017) testaram a inclusão de feno de gramínea tropical de baixa qualidade (feno de palhada pós colheita de semente comercial) com níveis de inclusão de 4, 7, 10 e 13% de FDN de feno (base seca) em dietas típicas de confinamento do Centro-Oeste brasileiro, contendo milho moído, casca de soja e caroço de algodão para machos Nelore não castrados. Houve efeito quadrático positivo da inclusão de feno no consumo de MS, consumo de energia, GPD e peso de carcaça quente e redução linear no rendimento de carcaça e eficiência alimentar dos animais. O melhor desempenho animal e resultado financeiro foram observados com as dietas contendo entre 4 e 7% de FDN de feno de gramínea.

Apesar do menor valor teórico de energia da casca de soja em comparação com o milho moído, esse coproduto é incluído em dietas típicas de confinamento no Centro-Oeste brasileiro, em virtude do preço menor que do milho e como estimuladora de consumo.

Com base nos trabalhos revisados, o presente estudo foi conduzido embasado na hipótese que a inclusão de níveis crescentes de FDN de feno de baixa qualidade, em dietas, contendo milho moído e coprodutos fibrosos como casca de soja e caroço de algodão para bovinos Zebuínos confinados: a) estimula a ruminação e aumenta o pH ruminal, b) aumenta a proporção molar de acetato e diminui de propionato, c) reduz a digestibilidade de nutrientes e por consequência a densidade energética da dieta, d) apesar dos efeito negativos na digestibilidade e fermentação ruminal, a adição de pequenas quantidades de FDN de volumoso na dieta estimula o consumo de MS e o de energia do animal.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a inclusão de 4,5, 8,0, 11,5 e 15% de FDN de feno de resíduo de palhada oriundo da produção de sementes (base seca), em dietas contendo milho moído e coprodutos como casca de soja e caroço de algodão, no consumo, digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo e parâmetros de fermentação ruminal de novilhos Nelore.

Um quinto tratamento foi adotado para avaliar o efeito de aumentar concomitantemente, o nível de volumoso e de casca de soja na dieta, considerando a hipótese de que: a partir de determinado nível de inclusão de FDN de volumoso, pode ocorrer diminuição da IMS devido ao enchimento físico do rúmen, no entanto, a inclusão de casca de soja na dieta pode reverter o efeito negativo na ingestão de matéria seca, NDT e causar alteração no padrão de digestibilidade, energia líquida da dieta, padrão fermentativo do rúmen e alteração no perfil de comportamento animal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito e caracterização dos carboidratos

Os carboidratos são a maior fonte de energia presente na dieta de bovinos. Além de servir como suplemento de energia tanto para os microrganismos ruminais quanto para o próprio animal, os carboidratos estruturais fornecem fibra necessária para estimular ruminação e motilidade reticuloruminal (NASEM, 2016).

Baseados em suas características químicas e localização no tecido vegetal, os carboidratos podem ser divididos em estruturais (CE) e não estruturais (CNE). Os CE compreendem pectina, celulose, hemicelulose, podendo estar complexados à compostos fenólicos como a lignina ou à proteínas, e constituem a parede celular dos vegetais. Os CNE são encontrados em todo conteúdo celular, sendo açúcares, oligossacarídeos, amido e frutosanas (composto por unidades de frutose) (MERTENS,1992).

Fibra é um termo nutricional que abrange compostos indigestíveis ou de lenta digestão que ocupam espaço no trato gastrointestinal dos animais (UNDERSANDER et al., 1993). É importante ressaltar que fibra não deve ser caracterizada como sendo a parede celular dos vegetais, pois essas também incluem pectina em sua composição. A pectina possui alta digestibilidade, não podendo ser utilizada como medida acurada de fibra (MERTENS, 1996).

A partir do pressuposto citado acima, os termos carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram criados para representar a característica nutritiva ao invés da composição química da planta. Os CNF representam as frações que são rapidamente degradadas no rúmen, que incluem pectina, amido e açúcares. Os CF representam a fração que ocupa espaço no trato digestivo, que abrange a celulose e hemicelulose (CABRAL et al., 2002)

A composição química da fibra depende da fonte e forma como foi mensurada, que pode ser através do método fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), ou fibra em detergente ácido (FDA) (MERTENS, 1992). O método de FB foi substituído pela determinação de FDN e FDA, por ignorar as frações de lignina e hemicelulose, solubilizadas pelo tratamento das amostras com soluções alcalinas e ácidas e que não são contabilizadas na recuperação dos componentes indigestíveis da fibra dietética (VAN SOEST, 1994).

O método de fibra em detergente neutro (FDN) foi desenvolvido por Van Soest na década de 1960, e está baseado na recuperação do resíduo fibroso insolúvel em detergente neutro. A extração é realizada em meio aquoso mediada por calor e pela ação de detergente aniônico (lauril sulfato de sódio). A porção insolúvel da fibra, denominada FDN é constituída por: celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST, 1994). Em termos analíticos, a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é a porção do alimento que melhor corresponde a fração lenta ou indigestível que ocupa espaço no trato gastrointestinal dos ruminantes (MERTENS, 1998). Pode-se concluir que CF e FDN possuem o mesmo significado nutricional, por apresentarem a mesma fração de carboidrato do alimento. Apesar da lignina não ser um carboidrato, ela faz parte da fração que compõem a FDN e a

fibra em detergente ácido (FDA), portanto é incluída na fração que compõem os carboidratos fibrosos (NASEM, 2016).

É importante ressaltar que a quantidade de lignina tem relação direta com digestibilidade da FDN, por ela ser refratária a digestão pelos microorganismos e pelo efeito de proteção dos carboidratos à degradação ruminal. Portanto, quanto maior a quantidade de lignina na FDN, menor a degradabilidade no trato gastrointestinal (DETMANN et al., 2010).

2.2. Teores de fibra e sua implicação na dieta de bovinos confinados

Volumosos são incluídos em dietas de confinamento de alto concentrado para melhorar a saúde do rúmen e reduzir a incidência de distúrbios digestivos, incluindo acidose, abscesso hepático e laminite (NAGARAJA; LECHTENBERG, 2007), e para maximizar a ingestão de energia (DEFOOR et al., 2002).

Pinto & Millen (2016) entrevistaram 33 nutricionistas consultores de confinamentos comerciais de gado de corte no Brasil, em que o rebanho é predominantemente composto por animais da raça Nelore. Os autores fizeram levantamento com intuito de averiguar a situação atual da engorda de bovinos confinados. Foi verificado que o nível médio de inclusão de volumosos nas dietas de gado em terminação é de 20,6% (mínimo de 15% e máximo de 38%), similar ao valor de 21% (mínimo de 10% e máximo de 45%) reportado por Oliveira & Millen (2014), e inferior ao valor de 28,5% (mínimo de 12% e máximo de 45%) em 2009 (Millen, et al., 2009). Diante desses dados é observado diminuição no nível médio de inclusão de volumosos, ao longo dos anos, em dietas de terminação para bovinos de corte.

Diminuir o teor de volumoso em dietas de gado de corte em terminação podem contribuir para o aumento do ganho de peso e eficiência de ganho (STOCK, et al., 1990), sendo que o nível ideal varia com a fonte de grãos, método de processamento e fonte de volumoso (OWENS, 1997). Kreikemeier e colaboradores (1990) avaliaram a influência dos níveis de 5, 10 ou 15% de volumoso (mistura de 50% de feno de alfafa e 50% de silagem de milho) na dieta sobre a ingestão alimentar e metabolismo de bovinos Angus x Hereford em terminação. A IMS aumentou (efeito linear, P<0,01) com o aumento da forragem dietética, enquanto que o ganho de peso e a eficiência responderam de forma quadrática (P<0,05). Com o aumento da IMS, houve aumento das concentrações de AGV, devido ao aumento da disponibilidade de substrato, enquanto que a relação acetato:propionato e concentração de N-NH3 ruminal diminuíram, devido as diferenças encontradas nas populações microbianas.

Marques et. al., (2016) compararam níveis crescentes de bagaço de cana-de-açúcar (inclusão de 0, 3 e 6% da MS total da dieta) com grão de milho inteiro. O aumento do volumoso resultou em resposta quadrática (P <0,02) para IMS, ingestão de ELg e ELm, GPD, e peso final. Quando 3 e 6% de volumoso foram adicionados às dietas, o desempenho dos animais da raça Nelore foi superior quando comparados a 0% de inclusão de volumoso. O mesmo efeito foi apresentado por Benton et al., (2007) que ao compararem inclusões de 0, 4 e 8% de volumoso provenientes de alfafa, silagem de milho ou palhada de milho nas dietas de gado de corte, observaram menor IMS, GPD,

eficiência alimentar e menor lucratividade econômica do sistema com animais alimentados com 0% de volumoso.

Teores insuficientes de fibra podem causar acúmulo de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen retículo (BARKER et al., 1995) e acúmulo de ácido lático no rúmen, desencadeando um quadro de acidose (Owens et al., 1998). Este distúrbio tem efeito negativo sobre consumo de matéria seca, degradação da fibra, síntese microbiana (GRANT ; MERTENS, 1992), motilidade do rúmen e retículo (CRICHLOW & CHAPLIN, 1985) e morfologia da parede ruminal (GAEBEL et al., 1989), fatores estes que interferem no desempenho e saúde do animal.

A fermentação de carboidratos libera ácidos orgânicos que se dissociam prontamente diminuindo o pH ruminal (RUSSELL et al., 2001). Em contraste, a fermentação de proteína verdadeira ou nitrogênio não proteico (NNP) disponibiliza a amônia, que prontamente se associa com prótons (H+) aumentando o pH do ambiente ruminal (ASCHENBACH, et al., 2010). Está bem estabelecido que ingestão de alta quantidade de amido e reduções prolongadas no pH ruminal (menos do que 6,0) facilita o crescimento de bactérias amilolíticas, enquanto que as bactérias celulolíticas, associadas a digestibilidade da FDN são simultaneamente inibidas (KRAJCARSKI-HUNT et al., 2002). Além disso, uma proliferação acentuada de bactérias utilizadoras de lactato ocorre a pH 5,8 (MACKIE, et al., 1979). Este limiar coincide com o primeiro limiar de vulnerabilidade do epitélio ruminal, pois podem ocorrer respostas inflamatórias precoces quando o pH do rúmen é menor que 5,6 durante um período de tempo maior que uma hora. Um segundo limiar existe quando o pH cai para 5,0, indicando aumento expressivo na quantidade de ácido lático (LETTAT, et al., 2010),que é atribuível a um crescimento excessivo por *Streptococcus bovis* (GILL et al., 2000).

Apesar da FDN presente nas forragens contribuírem positivamente para a saúde ruminal, a porcentagem de FDN fornecido pelo volumoso em dietas de alto concentrado, pode ser responsável por parte da variação na IMS (GALYEAN, et al., 2003; MERTENS, 1987). Aumentando o teor de FDN na dieta ocorre diminuição na quantidade de energia da mesma, consequentemente o animal demandará maior IMS para compensar esse efeito de diluição de energia, até um ponto que a capacidade de IMS será limitada pelo enchimento ruminal (efeito físico) (GALYEAN, et al., 2003). Este conceito é ilustrado no trabalho de Bartle e colaboradores (1994), em que avaliaram a inclusão de três níveis (10, 20 e 30% na MS) e duas fontes de volumoso (casca de algodão ou alfafa) na alimentação de novilhos oriundos de cruzamentos britânicos ou do cruzamento entre animais *Bos indicus*. Os autores observaram aumentos na IMS à medida que aumentaram os níveis de forragem nas dietas, sendo que a IMS foi maior para animais consumindo casca de algodão (CA) como volumoso (0,10 vs 0,05 kg de IMS por porcentagem de aumento no nível de forragem), isso se deve em parte pelo maior teor de FDN da CA, que reduziu a disponibilidade de energia na dieta (NE ingerida = 16,8; 17,3; 17,4 Mcal para CA e 16,9; 18,0; 18,7 Mcal para alfafa com inclusões de 10, 20 e 30 % de volumoso na MS, respectivamente).

Tem sido demonstrado que é possível a inclusão de teores baixos de FDN de volumoso em dietas, sem que haja comprometimento no desempenho dos animais. Ware e Zinn (2004), avaliaram inclusões de 4 e 8 % de FDN oriunda de alfafa , capim sudão ou palha de arroz moída em dietas a base de milho floculado na terminação de bovinos de corte. Não houve diferença (P>0,10) entre os

volumosos utilizados para as variáveis IMS e GPD. Uwituze et al. (2010) avaliaram a inclusão de 6% de feno de alfafa (%MS) e 11% de silagem de milho (%MS da dieta) e não encontraram diferença no desempenho animal, apesar das novilhas alimentadas com silagem de milho apresentarem maior IMS do que as alimentadas com feno de alfafa. O GPD e a eficiência alimentar não foram diferentes. Também não foram encontradas diferenças na digestibilidade aparente da MS, da matéria orgânica e da FDN.

Swanson et. al., (2016) incluíram diferentes tipos de volumosos na dieta de bovinos provenientes das raças Angus, Simental e Shorthorn, em terminação, com intuito de determinar o efeito da fonte de volumoso no desempenho dos animais. Todos os tratamentos foram formulados com o mesmo teor de FDN de volumoso. Os volumosos utilizados foram: feno de alfafa, silagem de milho, palha de trigo e palha de milho. Não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para as variáveis: IMS, GPD, eficiência de ganho, área de olho de lombo, e escore de marmoreio. No entanto, novilhos alimentados com palha de trigo ou palha de milho passaram mais tempo comendo por refeição para consumir uma quantidade similar de MS.

Além do teor de FDN, outras características do volumoso devem ser levadas em consideração para maximizar a saúde ruminal e desempenho animal. O tempo de retenção da fibra no rúmen é influenciado pelo tamanho inicial das partículas de fibra, pela taxa de redução de tamanho de partícula (mastigação, ruminação), densidade de partículas e taxa de digestão (MERTENS, 1997). Armentano e Pereira (1997) observaram que quando subprodutos fibrosos são utilizados em rações para vacas em lactação, apesar de contribuírem no teor de FDN total da ração, estimulam a mastigação em menor proporção do que forragens processadas grosseiramente. Essa situação resulta em menor produção de saliva e consequentemente menor tamponamento do rúmen, ocasionando queda no pH do fluido ruminal, redução da relação acetato:propionado, redução da digestibilidade da matéria orgânica do rúmen, e diminuição do tempo de retenção da digesta no trato digestivo (HEINRICHS ; LAMMERS, 1997).

Theurer (1999) avaliou desempenho e características de carcaça de 126 novilhos mestiços (aproximadamente 1/8 a 1/4 de Brahman, com o restante proveniente de uma mistura de raças inglesas e continentais) alimentados com feno de alfafa, feno de alfafa mais inclusão de palha de trigo, ou feno de alfafa mais inclusão de casca de algodão. As dietas foram formuladas para que todos os tratamentos fossem constituídos pelo mesmo teor de FDN de volumoso. O autor observou que animais alimentados somente com feno de alfafa como volumoso apresentaram menor ingestão de matéria seca comparados aos animais alimentados com dietas contendo a mistura de feno com palha de trigo ou feno com casca de algodão. Isso indica que diferentes volumosos, mas com mesmos teores de FDN têm efeito sobre a cinética da digestão dos ruminantes.

A partir desse pressuposto, o conceito de FDN efetivo (FDNe) e FDN fisicamente efetivo (FDNfe) tem sido incorporado recentemente na formulação de rações. O conceito de FDNe se entende pela habilidade total da FDN de um alimento em substituir a FDN de uma forragem, de maneira que a percentagem de gordura do leite seja mantida. O valor de FDNe depende de diversos fatores, tais como tamanho de partícula, poder tampão, taxa de fermentação e outros fatores inerentes a cada alimento (NRBC, 2016). No entanto, a utilização do conceito de FDNe é

relativamente complicado pela falta de padronização entre métodos de avalição da efetividade da fibra (NRBC, 2016). Já a FDNfe está relacionada com as características físicas do alimento, principalmente tamanho de partícula, que influenciam a atividade mastigatória e a estratificação do conteúdo ruminal –formação do 'mat' ruminal, que contribui para estimular a motilidade ruminal e tem influência na taxa de passagem de alimentos (MERTENS, 1997).

O valor de FDNfe de um alimento é o produto de sua concentração de FDN multiplicado pelo fator de efetividade física (fef). O fef varia de 0, quando a FDN não é eficaz na estimulação da atividade de mastigação, para 1, quando a FDN é totalmente eficaz na promoção da mastigação. Mertens (1985) propôs que outra maneira de estimar a FDNfe seria basear-se na concentração de NDF e na proporção de partículas que são mantidas em uma peneira de 1,18 mm. Esse autor mediu a distribuição de tamanho de partícula de vários alimentos que pode ser usada para demonstrar esse sistema. Partindo-se do princípio que fef é igual à proporção de partículas retida em uma peneira de 1,18 mm, a FDNfe pode ser estimada pela multiplicação da concentração de FDN do volumoso ou dieta pela proporção de partículas retida na peneira (MERTENS, 1997).

Tamanho de partículas maiores que 2,36 mm, são consideradas como sendo efetivas, de acordo com Defoor et al. (2002), diferentemente de Mertens (1997) que considera partículas maiores que 1,18mm, mostrando que até então não havia uma padronização das informações.

Um método simples e prático que permite mensurar o tamanho médio de partículas de forragem e da ração total foi desenvolvido por Lammers et al. (1996). O separador denominado "Penn State Forage" and "Total Mixed Ration Particle Separator" consiste em um conjunto de 2 peneiras e uma caixa de fundo. Os diâmetros de orifícios das telas medem 19 e 8 mm, para a parte superior e inferior, respectivamente, dividindo a amostra em 3 porções: material com comprimento maior que 19 mm na tela superior, material entre 19 e 8 mm na tela do meio e material com menos de 8 mm de comprimento na bandeja inferior. Posteriormente, essa metodologia foi modificada por Kononoff et at., (2003), que adicionaram uma terceira peneira com 1,18 mm de diâmetro, sugerindo que esse valor é o tamanho limite crítico para efetividade física de partícula, concordando com Mertens (1997) e com Poppi e Norton (1980). Os autores afirmam que mensurar partículas menores podem ser útil na compreensão dos efeitos do tamanho de partícula da ração na fermentação do rúmen.

Em revisão realizada por Galyean ; Defoor (2003), os autores apresentaram o efeito de diferentes fontes e níveis de volumoso na dieta de alto concentrado para bovinos de raças taurinas confinados. Foi constatado que a FDN oriunda de volumoso explica 92% da variação no consumo de MS. Quando utilizado o valor de FDNfe oriundo do volumoso essa relação passou para 93,1%. Por se tratar de uma relação pequena, os autores indicam a utilização de FDN proveniente do volumoso, em especial quando coprodutos agrícolas são utilizados nas dietas de bovinos, devido à ausência de dados para o valor de efetividade física da fibra por esses alimentos. O nível de inclusão de volumoso em dietas não se apresentou como um bom critério para estimativa de CMS (R2 = 0,699).

Além de afetar variáveis de desempenho (CMS, GMD e conversão alimentar) em bovinos de corte, o teor de fibra atua indiretamente sobre o pH ruminal. Fox & Tedeschi (2002) concluíram que, em dietas de terminação em confinamentos, é necessário a inclusão de 7 a 10% de FDNfe para

manter o pH acima de 5,7, sendo esse o limite mínimo de pH para evitar, ou ao menos reduzir a ocorrência de acidose.

Além do nível de inclusão em dietas, a fonte de FDN também influencia no comportamento ingestivo. Embora resultados de experimentos americanos indiquem que quantidades de inclusão de 8,5% (OWENS, 2015) sejam suficientes para suprir a função mecânica do volumoso, nota-se uma resistência em utilizar tais níveis em dietas de confinamentos brasileiros.

2.3. Uso do resíduo pós-colheita de produção de sementes como fonte de FDN de volumoso na alimentação de bovinos de corte

O sistema de produção de sementes gera elevada produção de forragem por área, desde que os solos para cultivo das forragens sejam adequadamente adubados. Devido as condições ambientais do Brasil serem favoráveis ao crescimento de cultivares adaptados a região, o país é considerado o maior produtor, consumidor e exportador de sementes de plantas forrageiras tropicais (ALMEIDA, 2015).

O método de “varredura” é o mais utilizado pelos produtores para colheita de sementes de forragem. Esse método consiste na recuperação das sementes caídas das inflorescências e acumuladas no solo (SOUZA, 2001). No entanto, como consequência, estima-se a produção de 2,8 milhões de toneladas de palhada por ano (constituída por restos de folhas, talos e inflorescências) resultante da colheita de sementes (SOUZA et al., 2006).

O grande volume de palhada exposta sobre a superfície do solo representa um problema, pois inibe o perfilhamento das touceiras encobertas, causado queda na produtividade de sementes na próxima safra, além de contribuir para a quantidade de impurezas nas sementes colhidas (SOUZA et al., 2003). Uma alternativa que os produtores de semente utilizam para esse problema é a queima da palhada, porém essa prática trás riscos ao meio ambiente, contribuindo para poluição atmosférica, além de queimadas acidentais em propriedades vizinhas. Devido a esses riscos, a legislação ambiental impossibilitou o uso dessa prática ilegal (SOUZA et al., 2006).

Uma alternativa para essa situação seria o enfardamento dessa forragem, resultando em feno de baixa qualidade que pode ser utilizado na alimentação animal, pois além de erradicar o problema que traria ao meio ambiente, a venda do feno trará lucros adicionais ao produtor (RODRIGUES et al., 2005).

A principal característica do feno de palhada é seu baixo valor nutricional, apresentando baixos teores de PB e minerais, com elevado teor de parede celular, composto principalmente por celulose, hemicelulose e lignina (DELCURTO et al., 2000). Essas características podem tornar a utilização da palhada uma fonte de fibra de baixo custo para alimentar ruminantes em épocas de escassez de forragem.

2.4. Características da casca de soja e sua inclusão na alimentação de bovinos

A busca por alternativas de ingredientes oriundos do processo agroindustrial na alimentação animal tem se intensificado, com intuito de realizar a troca de certos ingredientes mais onerosos em determinadas épocas do ano, reduzindo gastos na dieta de bovinos confinados (MUELLER et al., 2011).

A casca de soja (CS) consiste no coproduto do esmagamento da soja, após retirada da semente durante o processo de moagem (KLOPFENSTEIN et al., 1987). Parte da CS é utilizada como “enchimento” no farelo de soja para diluir o produto final e manter os níveis de Proteína Bruta (PB) em 44% (KLOPFENSTEIN et al, 1987). No entanto, a fibra presente na CS apresenta baixa quantidade de lignina e possui alta digestibilidade para ruminantes (Anderson, 1988).

Cerca de 80% da MS da casca de soja é constituída por carboidratos, sendo que a maior parte desses carboidratos é derivada da fração FDN (Miron, et al., 2001). A fração fibrosa da casca de soja é pouco lignificada, além disso, ela possui baixos teores de ácidos ferúlico e p-cumárico, principais responsáveis pelas ligações entre a hemicelulose e a lignina (Garleb et al., 1988). Por esse motivo, os microorganismos ruminais produzem extensa fermentação da casca de soja a taxas elevadas (5,5%/h) (FIRKINS, 1997; TITGEMEYER, 2000).

A composição da CS varia conforme a fonte e formas de processamento na indústria. Geralmente, a casca de soja pura (livre da contaminação do farelo de soja durante a sua obtenção) apresenta em média 9% de PB (POORE, 2002), sendo que na literatura a média é de 12,2% de PB, (NRBC, 2016). Segundo NRC (2001), a CS é definida como um volumoso- concentrado, por possuir características de um alimento fibroso associado a alta disponibilidade de energia, apresentando em média 2,82 Mcal energia digestível (ED) por kg de matéria seca (MS), 66,3% de FDN, 44,9% de FDA, 67,3% de NDT.

Embora os teores de energia digestível (ED) do milho dentado e da CS sejam de 4,19 e 2,82 Mcal / kg, respectivamentte (NASEM, 2016), Anderson et al. (1988) relataram GDP similar por novilhos alimentados com quantidades iguais de milho ou CS em pastejo de bromeiras ou palhada de milho, o que sugere que a CS pode ser equivalente ao milho como fonte de energia suplementar.

Tem sido demonstrado (ANDERSON et al., 1988 ; GRIGSBY et al., 1992 ; GARCÉS-YÉPEZ et al, 1997) que os efeitos associativos negativos sobre a digestibilidade de fibra associados com os grãos à base de amido não são proeminentes quando a CS é incluída em dietas a base de forragens. Nesse caso, a CS pode ser utilizada como substituinte de alimentos concentrados, como o milho, sem causar danos ao ambiente ruminal, como queda de pH e redução da degradação da fibra (HOOVER, 1986).

Mueller et. al. (2011) avaliaram desempenho de novilhos da raça Angus confinados utilizando dietas com substituição total do milho pela casca de soja ou casca de soja mais glúten de milho seco, ou casca de soja mais grãos secos de destilaria (DDG). Os autores observaram que a casca de soja pode ser utilizada como um potencial substitutivo para o milho, pois a ingestão de matéria seca (IMS), ganho diário e conversão alimentar não foram afetados negativamente durante os 52 dias de confinamento.

Martim et. al., (1990) realizaram estudo com doze vacas da raça Hereford, canuladas no rúmen, alimentadas com suplementos contendo 0 (controle), 1, 2 ou 3 kg/dia de casca de soja e

incluindo 440 g de proteína/dia (farelo de algodão, que foi usado para equalizar ingestão de proteína) para determinar os efeitos da suplementação na ingestão e utilização de feno de capim nativo de baixa qualidade. O consumo de feno diminuiu quando os animais foram alimentados com 2 kg (9,8 kg/dia) ou 3 kg (9,1 kg/dia) de casca de soja. A digestibilidade da MO total aumentou linearmente (P =0,009) com acréscimos adicionais de casca de soja (45,8%, 46,2%, 46,6% e 48,6% para 0 a 3 kg de casca de soja/dia, respectivamente), indicando que as cascas eram mais digestíveis feno. A digestibilidade da FDN não foi afetada (P= 0,14) pelo nível de suplementação de casca de soja, embora a digestibilidade do FDA tenha aumentado. A suplementação com casca de soja aumentou as concentrações de AGV no rúmen e a proporção molar de propionato.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA-ESALQ/USP (n°do protocolo: 2016-23), e conduzido nas instalações de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba/SP. O experimento teve início em outubro de 2016 e término em fevereiro de 2017.

3.2. Delineamento experimental, manejo alimentar e animal

Foram utilizados 5 novilhos machos castrados da raça Nelore (PC inicial 337,0±10,0kg), contendo cânulas no saco dorsal do rúmen e alocados aleatoriamente em 5 baias individuais (32m² cada) cobertas, providas de cocho, bebedouro e piso de concreto.

Para a realização desse experimento, adotou-se o delineamento em quadrado latino 5x5. Cada período experimental foi composto por 20 dias, sendo os primeiros 15 dias destinados à adaptação dos animais, e os últimos 5 dias destinados às colheitas. Com 20 dias antecedendo o início do período experimental, todos os animais foram adaptados de forma gradativa à dieta com alto teor de concentrado (8,5% de bagaço de cana e 81,5% de concentrado na base seca).

Os animais foram pesados no início e término de cada período experimental, sem jejum prévio hídrico ou alimentar, sempre no mesmo horário, as 7:00 horas da manhã. Na primeira pesagem, todos os animais foram desverminados com Ivermectina a 1% (Ivomec®, fornecedor: BOEHRINGER INGELHEIM ANIMAL HE, Paulínia, SP), na dosagem recomendada pelo fabricante.

Todos os ingredientes das rações foram entregues em uma única remessa e armazenados em galpão coberto. O milho utilizado nesse experimento foi do tipo duro ou 'flint', processado a seco, moído em moinho de martelo com peneira de 3 mm. O feno utilizado foi o BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum*, adquirido da fazenda Santa Rita, localizada no município de Itiquira-MT, proveniente de forragem utilizada para produção de sementes comerciais. O feno foi picado na máquina trituradora de feno da marca AgroForn®, obtendo tamanho médio de partícula de 11,10 mm.

Amostras de milho moído e feno foram colhidas a cada 10 dias e armazenadas em freezer a -20C. Posteriormente, as amostras foram descongeladas e compostas por período. O tamanho médio de partícula (TMP) do milho foi realizado segundo metodologia descrita por Yu et al. (1998) (Tabela 1).

Tabela 1. Tamanho médio (mm) e distribuição do tamanho de partículas (%) do milho moído

Distribuição do tamanho de partículas	Milho Moído (%)
>6,0 mm	0
6,0-3,5 mm	0,57
3,5-2,0 mm	17,99
2,0-1,25 mm	60,98
<1,25 mm	20,45
Tamanho médio de partícula[1]	1,64mm

[1]Determinado pela somatória dos produtos da multiplicação da porcentagem retida e do tamanho médio das partículas de cada peneira, que era obtido através da média do diâmetro dos furos da peneira em questão e do diâmetro dos furos da peneira acima. Adotou-se o tamanho de 0,625 mm para as partículas retidas no fundo (<1,25mm).

O TMP do feno foi determinado com uso do *Penn State Particle Separator* (PSPS) de acordo com a metodologia proposta por Kononoff et at., (2003), usando duas peneiras de furos redondos com diâmetros de 19,0 e 8,0 mm e espessura de 12,2 e 6,4 mm, respectivamente. A terceira peneira de malha quadrada tem abertura de 1,18mm.

A FDN fisicamente efetiva (FDNfe) foi estimada multiplicando a proporção das partículas que ficaram retidas acima da peneira de 1,18 mm pelo teor de FDN do feno (%MS) (Tabela 3).

Tabela 2. Composição química do feno, milho moído, casca de soja, caroço de algodão e farelo de algodão, utilizados nas dietas experimentais.

Item[1]	Feno[2]	Milho Moído	Casca de Soja	Caroço de Algodão	Farelo de Algodão
MS, %	87,68	87,47	84,21	90,07	88,95
PB, %MS	6,29	8,01	11,28	24,99	48,21
EE, %MS	0,68	5,25	1,45	14,7	1,83
Cinzas, %MS	5,98	1,46	4,44	3,36	7,27
FDN, %MS	80,49	12,17	72,93	48,26	31,49
FDA, %MS	53,9	2,58	55,22	36,02	21,64
Lignina, %MS	8,5	0,29	0,97	9,17	6,6
NDT[3]	48,09	91,00	66,40	77,04	66,42

[1]MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido. [2]Feno = BRS Tamani, forrageira híbrida de Panicum maximum. [3]NDT = Nutrientes Digestíveis Totais, calculado através da metodologia proposta por Weiss et al. (1992). Utilizando os valores das análises químicas dos ingredientes.

Tabela 3. Tamanho médio de partícula (TMP) e FDN fisicamente efetivo (FDNfe) do feno de palhada utilizado nas dietas experimentais.

Estratificação das partículas – Feno	
>19,0 mm	29,53
19,0–8,0 mm	34,63
8,0–1,18 mm	14,19
<1,18 mm	21,64
Tamanho médio de partícula(mm)	11,10
FDNfe, %MS(>1,18mm) ¥	63,07

¥Calculado conforme Kononoff et at., (2003).

As dietas foram formuladas para conter a mesma concentração de proteína bruta entre os tratamentos (Tabela 4), utilizando o “software” de formulação NRBC (2016), com base na composição da matéria seca, visando atender exigências de bovinos Nelore em terminação, com ganho estimado de 1,5 Kg/dia. Os níveis de inclusão de FDN de feno avaliados nas dietas foram: 4,5; 8,0; 11,5; 15 e 18,5%.

Tabela 4. Proporções dos ingredientes e composição química das dietas experimentais de novilhos Nelore com diferentes concentrações de FDN de feno de palhada.

Ingredientes[1]	Tratamentos				
	Concentrações de FDN de feno (%MS)				
	4,5	8	11,5	15	18,5
Feno, %	5,7	10,0	14,3	18,5	22,8
Milho, %	64,7	60,7	56,6	52,5	41,1
Casca de Soja, %	14,5	14,3	14,0	13,8	20,9
Caroço de Algodão, %	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Farelo de Algodão, %	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Min/Vit[2], %	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Uréia, %	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2
PB, %	13,48	13,41	13,39	13,37	13,53
EE, %	4,88	4,70	4,51	4,32	3,85
FDN, %	27,85	30,67	33,42	36,15	43,40
FDA, %	16,28	18,38	20,43	22,48	28,42
Lignina, %	1,74	2,10	2,45	2,79	3,19
FDNfe, (Estimado)%MS[3]	11,28	14,51	17,75	20,91	24,29
FDNfe (Observado),%MS[4]	15,44	17,01	19,41	22,34	29,17
NDT estimado [3], %	79,48	77,7	75,83	73,99	70,40

[1]Min/Vit = minerais e vitaminas; PB = proteína bruta; EE = Extrato Etéreo FDN = Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = Fibra insolúvel em detergente ácido; NDT = Nutrientes digestíveis totais. [2] Níveis de garantia por kg: Cálcio (mínimo) 60 g/kg, Cálcio (máximo) 110 g/kg, Fosforo (mínimo) 15 g/kg, Sódio (mínimo) 35 g/kg, Potássio (mínimo) 6000 g/kg, Enxofre (mínimo) 15 g/kg, Magnésio (mínimo) 6,5 g/kg, Cobre (mínimo) 250 mg/kg, Zinco (mínimo) 1090 mg/kg, Manganês (mínimo) 680 mg/kg, Selênio (mínimo) 12,5 mg/kg, Cobalto (mínimo) 20 mg/kg, Iodo (mínimo) 20 mg/kg, Flúor (máximo) 223 mg/kg, Vitamina A (mínimo) 50000 UI/kg, Vitamina D3 (mínimo) 12000 UI/kg, Vitamina E (mínimo) 350 UI/kg, Salinomicina 600 mg/kg. [3] Estimado pelo NRBC (2016), com base nos valores de NDT da tabela 2. [4]Calculado conforme KONONOFF et at., (2003)

Os animais foram alimentados diariamente às 7:00 horas da manhã. Os ingredientes da dieta foram pesados separadamente, misturados manualmente em caixa plástica e em seguida foram fornecidos aos animais. A dieta foi fornecida de modo a permitir entre 3 a 5% de sobras. No período de colheitas (16d – 20d), a quantidade de dieta fornecida aos animais foi baseada na média de consumo dos últimos 5 dias antecedentes ao período de colheitas, restringindo o consumo à 90% do consumo observado, de acordo com Gouvêa et al., (2016), com intuito de evitar sobras nos cochos. Apesar de restringir a oferta de dieta dos animais no período de colheitas, houve sobras nos cochos em determinados dias de dois animais que entraram em quadro de acidose, um pertencente ao tratamento de 4,5% e outro ao tratamento de 8% de FDN de feno de palhada. As sobras foram pesadas, amostradas, identificadas e congeladas em freezer a -20°C. Para cálculos e determinações, foram utilizados os dados de consumo dos animais referentes ao período de colheitas.

3.3. Análises comportamentais

No 16º dia de cada período experimental foi avaliada atividade comportamental dos animais. As avaliações iniciaram imediatamente após o fornecimento das rações. A cada 5 minutos, durante 24

horas, foram anotados as atividades realizadas pelos animais no determinado momento. Os parâmetros observados incluíram: alimentação, ruminação e ócio, totalizando 288 observações em 24 horas. O tempo total de mastigação foi resultante da soma do tempo gasto com ingestão de alimento e o tempo de ruminação (MAEKAWA et al., 2002).

A partir dos dados de ingestão (kg de MS) e da fração FDN existente no consumo de MS (kg da fração FDN) para cada animal, no dia de análise de comportamento de cada período experimental, foram obtidos os respectivos tempos gastos com ingestão, ruminação e mastigação em minutos por kg de MS e minutos por kg da fração FDN (MAEKAWA et al., 2002).

3.4. Parâmetros ruminais

No 17° dia de cada período experimental, aproximadamente 200 ml de líquido ruminal foram colhidos da porção ventral do rúmen dos animais às 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 18 e 24 horas após o fornecimento da ração, com auxílio de cano de PVC com perfurações na extremidade, acoplado com mangueira plástica e tubo coletor, que auxiliava na sucção do líquido ruminal. Após obtenção do líquido ruminal, o valor de pH foi mensurado. Em seguida, 50ml de cada amostra foram filtrados com auxílio de gase em dois recipientes. Em um dos recipientes foi adicionado 1 ml de ácido sulfúrico 50% (BRODERICK; REYNAL, 2009) para análise de nitrogênio amoniacal. Todos os recipientes foram armazenados em freezer a -20°C. Posteriormente, as amostras de líquido ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente e centrifugadas a 15.000 x g por 40 minutos. O sobrenadante foi utilizado para análise de nitrogênio amoniacal (N- NH3) e AGCC.

A concentração de N-NH3 foi mensurada de acordo com metodologia Chaney & Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO–RAD, Hercules, CA), utilizando filtro para absorbância de 550mm. A concentração de AGCC foi determinada com base em uma curva de calibração externa por meio de análise cromatográfica (SILVA & QUEIROZ, 2002).

3.5. Colheita total de fezes

Do 16° dia até o 20° dia de cada período experimental, foi realizada a colheita total de fezes dos animais. As fezes foram retiradas do piso de concreto com auxílio de luvas plásticas e inseridas nos baldes providos de tampa, das respectivas baias. A cada 6 horas os baldes foram pesados, descontando-se o valor correspondente da tara de cada balde, em seguida, as fezes foram homogeneizadas e amostradas em 10% do valor total. As amostras foram armazenadas a -20°C. Ao término de cada período experimental, as amostras foram descongeladas para determinação da matéria seca, com finalidade de calcular o valor de produção fecal (kg/MS) diária. Os pesos das fezes colhidas diretamente do reto dos animais entraram para os cálculos de produção fecal diária (kg/MS).

3.6. Colheita de amostras e análises químicas laboratoriais

No 18°, 19° e 20° dia de cada período experimental, amostras de fezes foram colhidas diretamente do reto dos animais para determinação da composição química fecal. No 18° dia, as

amostras foram colhidas as 11:00 e as 17:00 horas. No 19°dia as colheitas foram realizas as 7:00, 15:00 e as 19:00 horas, e no 20° dias as amostras de fezes foram colhidas as 9:00 e as 13:00 horas, com intuito de evitar efeito da variação diária de excreção de nutrientes. Cada amostra foi pesada, em seguida uma subamostra do total foi retirada, identificada e acondicionada em caixa de isopor com gelo. Posteriormente, a caixa de isopor foi encaminhada até o freezer, onde as amostras foram armazenadas (-20°C).

Ao término de cada período experimental, as amostras de fezes foram descongeladas e compostas por animal, em seguida, as amostras foram secas em estufa com ventilação de ar forçada a 55°C até atingirem peso constante. Após ser determinado o teor de matéria seca (MS), as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de 1mm.

No laboratório de bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP (ESALQlab®) foram realizadas as seguintes análises químicas nas fezes: MS a 105°C por 12 horas; matéria mineral (MM) obtida pela incineração das amostras que foram colocadas na mufla durante 4 horas (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC,1990); quantificação da fibra em detergente neutro (FDN), de acordo com Van Soest; Robertson e Lewis (1991) com auxílio do digestor para fibras modelo MA 450 (Marconi®). Foram adicionados sulfito de sódio e amilase termoestável nas amostras, conforme recomendado por Mertens (1997). Após obtenção do teor de FDN, as amostras foram incineradas para quantificar os valores de cinzas, e fazer ajuste de correção para os valores de FDN das respectivas amostras. O teor de nitrogênio foi mensurado através da combustão das amostras segundo o método de Dumas, utilizando um auto- analisador de nitrogênio da marca LECO®, modelo FP- 528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA) (WILES et al.,1998). O teor de PB foi obtido multiplicando-se o valor de N total por 6,25. O extrato etéreo (EE) foi obtido a partir da extração de gordura com éter de petróleo por 5 horas (AOAC, 1990).

Todos os ingredientes que compuseram as rações foram amostrados (400 gramas) a cada 10 dias. Uma parte de cada amostra foi utilizada para aferir teor de MS para fazer correção das proporções de cada ingrediente utilizado na ração, outra parte da amostra foi armazenada a -20°C. As dietas ofertadas (500g) e as sobras quando existentes (10% do total) foram colhidas durante todo período de colheitas (16d-20d) de cada período experimental e armazenadas a -20°C. Ao final do experimento, as amostras de ingredientes foram compostas a fim de se obter apenas uma amostra de cada ingrediente.

Após serem compostas, as amostras de ingredientes e sobras foram secas em estufa com ventilação de ar forçada a 55°C até atingirem peso constante. Foi utilizado o mesmo procedimento de moagem e análises bromatológicas que o adotado para as amostras de fezes. No entanto, além das análises laboratoriais para MS, cinzas, FDN, PB e EE, foi realizado análise de fibra em detergente ácido (FDA) para amostras de ingrediente e sobras, e lignina para as amostras de ingredientes (Tabela 2).

A FDA e lignina foram determinados pelo método sequencial, a partir da análise de FDN, segundo metodologia proposta por Van-Soest et al. (1991). Na determinação da fração FDN foi utilizado sulfito de sódio e amilase termoestável, e na determinação da lignina foi utilizada a solução

de H_2SO_4 72%. Os valores de lignina foram expressos livres de cinzas, obtidos após a incineração das amostras por 4 horas (AOAC, 1990).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT) ingeridos e nas fezes foram calculados como sendo:

CNF (%) = 100 – (%PB + %FDN + %EE + %MM) CHOT (%) = 100 – (%PB + %EE + %MM);

O NDT (%) foi calculado como sendo: NDT (%) = ingestão de NDT / ingestão de MS x 100

3.7. Determinação da digestibilidade dos nutrientes

Os valores individuais de consumo, excreção fecal diária, e concentração dos nutrientes, encontrados a partir da realização das análises bromatológicas dos alimentos e fezes, foram utilizadas para determinação das digestibilidades aparentes da MS, MO, PB, FDN (corrigido para cinzas), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não fibrosos (CNF) e extrato etéreo (EE), baseados nas seguintes equações:

$$\text{DAN (\%)} = \frac{(\text{MSI x NMS}) - (\text{MSF x NMF})}{(\text{MSI x NMS})} * 100$$

Onde,

DAN (%) = Digestibilidade aparente dos nutrientes;
MSI (kg/dia) = Matéria seca ingerida;
MSF (kg/dia) = Matéria seca fecal;
NMS (%) = Nutriente na matéria seca ingerida;
NMF (%) = Nutriente na matéria seca fecal.

A ingestão de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foi calculada usando a fórmula de Sniffen et al. (1992), em que:

Ingestão de NDT = PBd + 2,25 x EEd + CHOTd

Onde:

PBd = PB ingerida – PB fecal EEd = EE ingerido – EE fecal
CHOTd = CHOT ingerido – CHOT fecal

3.8. Determinação da energia líquida das rações

A partir dos dados de NDT e ingestão de matéria seca (IMS) foram calculados os valores de energia liquida das rações.

A digestibilidade total dos nutrientes foi convertida para energia digestível (ED) utilizando a seguinte relação descrita pela NASEM (2016):

1kg de NDT= 4.4 Mcal de ED

O valor de energia metabolizável (EM) foi obtido através da fórmula de Garrett (1980), em que:

EM = 0,82 * ED

Para conversão dos valores de EM para energia líquida de mantença (ELm) e energia líquida de ganho (Elg) em Mcal/kg de MS, foi utilizada a equação de Garrett (1980), em que:

$Elm = 1,37ME – 0,138ME^2 + 0,0105ME^3 - 1,12;$

$Elg = 1,42ME – 0,174ME^2 + 0,0122ME^3 - 1,65$

Os valores de Elm e Elg (Mcal/kg de MS) foram multiplicados pela IMS correspondente, para obtenção dos valores de ingestão ELm e Elg, em Mcal/dia.

3.9. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi um quadrado latino 5 x 5, composto por 5 animais, 5 períodos e 5 tratamentos. Os dados foram analisados pelo pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System, SAS Inst. Inc. Cary, NY), de acordo com o modelo:

- $Yijk = \mu + Ai + Pj + Tk + eijk$, onde:

Yijk é a variável dependente; μ é a média geral;

Ai é o efeito aleatório do animal (i = 1, 2, 3, 4, 5);

Pj é o efeito aleatório do período (j = 1, 2, 3, 4, 5);

Tk é o efeito fixo do tratamento (k = 1, 2, 3, 4, 5) e eijk é o erro aleatório experimental.

A normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk (Univariate do SAS), e a retirada de outliers e homogeneidade das variâncias através do teste de Levene. Os dados de consumo, digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo e AGCC foram analisados utilizando o procedimento MIXED e as médias foram geradas pelo LSMEANS. Polinômios ortogonais (linear, quadrático e desvio da quadrática) foram utilizados para avaliar o efeito de concentrações de FDN de feno apenas para os quatro primeiros tratamentos e foi realizado um contraste entre o quarto e o quinto tratamento. Para apresentação dos resultados, foram incluídos apenas os efeitos: linear e quadrático.

O modelo incluiu como efeito fixo as concentrações de FDN de feno (tratamento) e como efeito aleatório o modelo considerou os efeitos de período e animal. Os dados de pH e amônia foram

avaliados como medidas repetidas no tempo. A matriz de covariância para todas as análises foi baseada nos parâmetros de Akaike (AIC).

As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas para valores de $p < 0,10$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Digestibilidade aparente dos nutrientes

Aumento na inclusão de FDN (4,5; 8,0; 11,5 e 15,0%) de feno nas dietas causou efeito quadrático (p=0,07) na IMS (5,36; 5,76; 6,88 e 5,71 kg/dia, respectivamente), efeito quadrático (p=0,06) na ingestão de NDT (4,37; 4,51; 5,17 e 4,12 kg/dia, respectivamente) e na ingestão de matéria orgânica (5,09; 5,46; 6,49 e 5,38 kg/dia, respectivamente). O consumo de FDN aumentou linearmente (p=0,01) com a inclusão de FDN de feno nas dietas (1,69; 1,78; 2,38; 2,28) (Tabela 5).

Tabela 5. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes de Novilhos Nelore, alimentados com as dietas experimentais.

Variáveis	Tratamentos								
	Concentrações de FDN de feno (%MS)					EPM[1]	Valor de P[2]		
	4,5	8	11,5	15	18,5		L	Q	4 vs 5*
Ingestão, kg/dia^{-1}									
MS	5,36	5,76	6,88	5,71	7,16	0,23	0,27	0,07	0,03
NDT	4,37	4,51	5,17	4,12	5,09	0,16	0,93	0,06	0,03
MO	5,09	5,46	6,49	5,38	6,72	0,22	0,3	0,07*	0,03
FDN	1,69	1,78	2,38	2,28	3,15	0,13	0,009¥	0,57	<,001
CNF	3,2	2,88	3,36	2,82	2,74	0,11	0,5	0,51	0,61
CHOT	4,81	4,57	5,63	5	5,75	0,17	0,35	0,59	0,12
PB	0,81	0,78	0,92	0,84	0,97	0,02	0,41	0,63	0,27
EE	0,29	0,27	0,33	0,27	0,28	0,09	0,88	0,49	0,55
Digestibilidade aparente total, %									
MS, %	71,14	68,18	67,1	64,57	64,34	0,6	<,001 Ł	0,79	0,82
NDT, %	78,13	74,87	74,03	71,31	71,11	0,88	0,001	0,78	0,87
MO,%	75,07	70,65	70,82	67,55	67,05	0,79	0,004ł	0,67	0,8
FDN, %	59,69	53,5	52,9	51,75	57,6	1,2	0,05ŦŦ	0,29	0,06
CNF, %	82,08	83,52	83,03	82,85	83,89	0,49	0,70Ŧ	0,42	0,97
CHOT, %	74,36	71,5	70,07	68,29	68,46	0,6	0,001Ŧ	0,56	0,89
PB, %	67,46	65,42	65,97	62,45	61,63	0,8	0,06ƀ	0,64	0,69
EE, %	90,15	89,73	90,78	89,93	89,28	0,33	0,86	0,65	0,32

*y = -0,0295x²+0,6321x+2,71 (R² =0,71); ¥y = 0,07x+1,36 (R²=0,87); Ły = -0,58x+73,36 (R²= 0,72);
€y = -0,61x+80,55 (R²=0,79); ły = 0,63x+77,13 (R²=0,72); ŦŦy = -0,63x+60,44 (R²=0,67);
Ŧy = -0,03x+83,50 (R²=0,64); Ŧy = -0,52x+76,50 (R²=0,67); ƀy = -0,38x+68,90 (R²= 0,84);
[1]EPM = Erro padrão da média; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; MS = matéria seca; NDT = nutrientes digestíveis totais; MO = matéria orgânica; FDN = fibra insolúvel m detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos; CHOT = carboidratos totais; PB = proteína bruta; E = extrato etéreo; 4 vs 5 = Contraste tratamento 15% de FDN de feno com 18,5% de FDN de feno.

O efeito quadrático na IMS foi semelhante ao reportado por Santos et al., (2017) com o mesmo volumoso, Caetano, et al. (2015) com silagem de cana e Mello (2015) com bagaço de cana. O trabalho desses autores foi realizado no Brasil utilizando animais zebuínos da raça Nelore. Entretanto, nas meta-análises realizadas por Galyean e Defor (2003) e por Galyean e Abney (2006), os autores verificaram aumento linear na IMS com o aumento da concentração de FDN de volumosos. Os níveis de volumosos variaram de 0 a 30% da MS e diferentes fontes de volumosos (fenos, palhas, subprodutos, silagens) foram comparadas. Diferentemente dos trabalhos conduzidos no Brasil, esses autores utilizaram animais de raças taurinas. A partir desse fato, deve ser levado em consideração que, não somente diferenças nas inclusões de FDN de volumosos, mas também a genética e origem dos animais podem causar mudanças no padrão de consumo e digestibilidade de nutrientes.

O ponto de ingestão máxima de MS e NDT calculado por equação de regressão no presente experimento foi de 11,6% e 10,0% de FDN de feno na dieta, representado na figura 1.

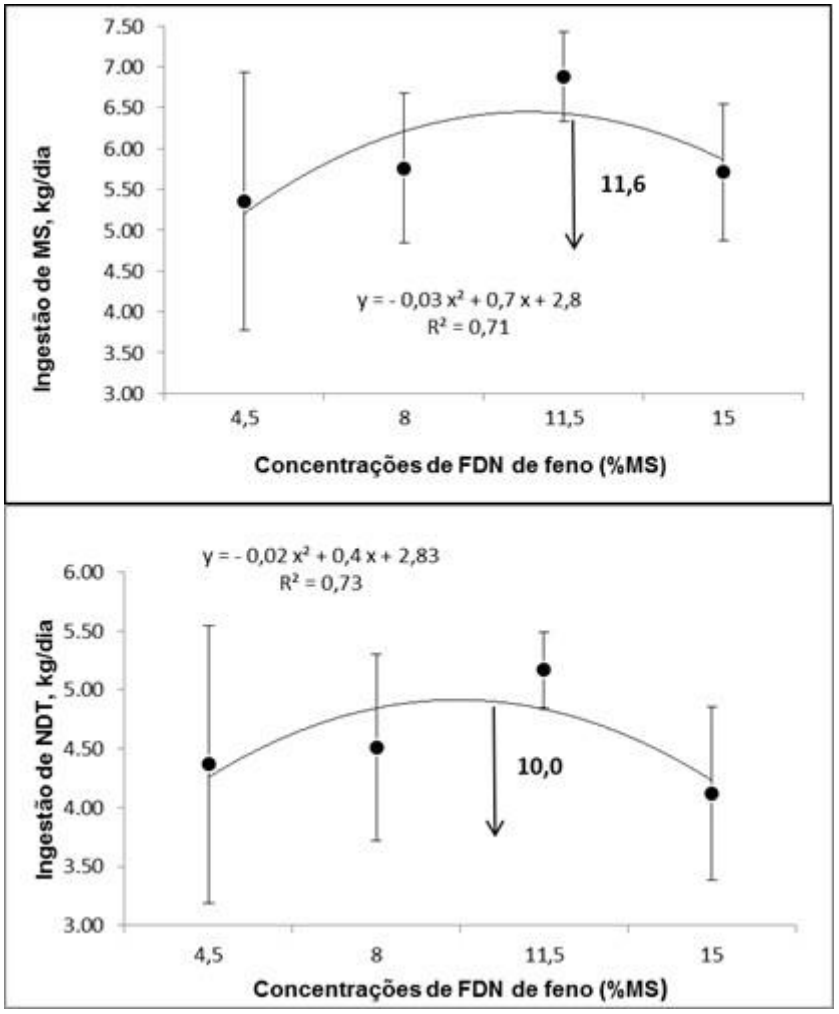

Figura 1. Efeito das concentrações de FDN de feno (4,5; 8; 11,5 e 15%) sobre a IMS (kg/dia) e ingestão de NDT (kg/dia) de novilhos Nelore.

Animais alimentados com dietas com teores elevados de concentrado têm seu consumo controlado pelo mecanismo fisiológico ou quimiostático (NASEM, 2016). A inclusão de volumosos reduzem a concentração energética da dieta e estimulam a IMS dos animais, com o objetivo teórico

de manter constante a ingestão de energia. Entretanto, a ingestão de energia aumenta até determinado nível de inclusão de volumoso, em virtude de um processo de super compensação, segundo Galyean e Abney (2006). Esse efeito foi observado no presente estudo, onde a ingestão de NDT aumentou de forma quadrática com a inclusão de FDN de feno na dieta. A partir de certo nível de inclusão de volumoso, a IMS começa a cair provavelmente em virtude do efeito de enchimento ruminal (ALLEN, 1996), acentuando dessa forma a redução na ingestão de energia (NDT). Mello (2015) avaliou os níveis de inclusão de FDN de bagaço de cana in natura (4, 7, 10 e 13 % da MS) em dietas contendo milho moído grosso ou milho floculado e encontrou efeito quadrático para a variável IMS. No experimento de desempenho, o autor relatou valores máximos de IMS estimados por regressão com a inclusão de 11,28 (kg de MS) e 11,35% (% PC) de FDN de bagaço na dieta, independentemente do método de processamento do milho, enquanto que, no experimento de metabolismo, os valores máximos de IMS obtidos por regressão ocorreram com 9,08% (kg de MS) e 8,37% (% PC) de FDN de bagaço, independentemente do método de processamento do milho. Os valores de FDN dietético no estudo de Mello (2015) variaram de 18 a 25% da MS nas dietas contendo milho moído grosso e de 14 a 22% da MS nas dietas contendo milho floculado.

Caetano et al. (2015) testaram 4 níveis (3, 8, 13 e 18 % da MS) de FDN de silagem de cana-de-açúcar em dietas para bovinos da raça Nelore em terminação, alimentados com dietas contendo milho moído fino ou ensilado úmido. O ponto máximo de IMS foi observado com inclusão respectivamente de 11,3% de FDN de silagem de cana-de-açúcar nas dietas com milho moído fino e de 13,7% nas dietas com milho grão úmido ensilado. Os valores de FDN total das dietas variaram de 20,1 a 31,9% e 17,4 a 29,4% para as dietas contendo milho moído fino e milho grão úmido ensilado, respectivamente.

Neste estudo, os valores de FDN dietético variaram de 27,85 a 43,40% da MS (Tabela 4), valores superiores aos relatados no trabalho de Mello (2015) e de Caetano et al., (2015). Segundo Galyean e Defoor (2003) o teor de FDN de volumoso é mais eficaz que o teor de FDN total da dieta como índice ou medida para a substituição de uma fonte de volumoso por outra, em dietas de confinamento de bovino de corte tendo-se como objetivo, atingir ingestões equivalentes de MS entre essas fontes de volumosos.

A elevação do teor de casca de soja na dieta de 13,8% (tratamento 15% de FDN de feno) para 20,9% (tratamento 18,5% de FDN de feno, tabela 3), anulou o efeito negativo do nível alto de volumoso na IMS dos animais e aumentou a IMS (5,71 e 7,16 kg/d; contraste 4 vs. 5, P=0,03), a ingestão de NDT (4,14 e 5,09 kg/d, contraste 4 vs 5, P=0,03), a ingestão de matéria orgânica (5,38 e 6,72 kg/d, contraste 4 vs 5, P=0,03) e a ingestão de FDN (2,28 e 3,15 kg/d, contraste 4 vs 5, P<0,001).

Houve aumento na IMS dos animais consumindo a dieta de 18,5% de FDN de feno com inclusão de 20,9% de CS na MS, revertendo o efeito negativo do consumo voluntário dos animais do tratamento com inclusão de 15% de FDN de feno e 13,8 % de CS na MS. Não foram avaliados possíveis efeitos da casca de soja em estimular a taxa de passagem da dieta, fator que pode também ter ocorrido, estimulando a IMS dos animais.

Aumento na inclusão de FDN de feno e elevação do teor de CS (% na MS, tratamento 18,5% de FDN de feno) na dieta não causou efeito na ingestão de CNF, CHOT, PB e EE (p>0,1) quando comparado ao tratamento de 15% de FDN de feno (Contraste 4 vs 5, p>0,1) (Tabela 5).

Houve redução linear na digestibilidade aparente total da MS, MO, FDN, CHOT (p<0,05) e da PB (p = 0,06) e na concentração de NDT (p<0,05) com a inclusão de FDN de feno nas dietas. Esse efeito ocorreu devido ao aumento de fibra de baixa qualidade e redução no teor de CNF nas dietas, que contribuem para reduzir a densidade energética das dietas (VAN SOEST, 1994). No entanto, quando se aumentou o teor de CS e FDN na dieta (tratamento 18,5 % de FDN de feno), não ocorreu alteração (Contraste 4 vs 5, p<0,05) na digestibilidade aparente da MS, da MO e no NDT da dieta (Tabela 5), comparado ao tratamento de 15% de FDN de feno.

Ao substituir parte do milho pela casca de soja (tratamento 18,5% de FDN de feno) a digestibilidade aparente da FDN aumentou (contraste 4 vs 5, p= 0,06) mesmo com aumento do nível de fibra de feno na dieta. Essa situação foi similar ao trabalho reportado por Gomes e Andrade (1998), que avaliaram o efeito da substituição do milho (0, 50 e 100%) por casca de soja e três níveis de concentrado (30, 50 e 70% da MS) sobre o desempenho de bovinos em terminação. Os autores concluíram que a inclusão desse co-produto na dieta aumenta a digestibilidade da FDN e da FDA. Estes resultados refletem a maior digestibilidade natural da FDN provinda da casca de soja e a redução do efeito negativo associativo do milho na digestão da fibra (NAKAMURA & OWEN, 1989).

A inclusão de FDN de feno nas dietas não afetou a digestibilidade aparente total de CNF e de EE (p>0,1) (Tabela 5). Os carboidratos podem ser classificados em 6 frações (NASEM, 2016), que possuem relação com a taxa de digestibilidade no rúmen, sendo: ácidos orgânicos; carboidratos solúveis em água (fração A); amido (fração B1); fibra solúvel em detergente neutro (fração B2); FDN disponível (B3) e o FDN indisponível (fração C). De maneira geral, a maior parte do milho é composta pela fração B1, essa fração possui taxa de degradação mais alta que frações B3 e C do feno. Isso explica a redução na digestibilidade aparente de CHOT quando diminuiu o milho e aumentou a inclusão do feno nas dietas. Por outro lado, apesar do aumento no teor de FDN de feno e CS (tratamento 18,5 % de FDN de feno) na dieta, a digestibilidade aparente do CHOT não sofreu alteração significativa quando comparada ao tratamento com inclusão de 15% de FDN de feno (tabela 5, contraste 4 vs 5, p=0,89) em virtude da digestibilidade alta da FDN da casca de soja.

Não houve diferença significativa no consumo de PB entre os tratamentos (p>0,05), no entanto, a digestibilidade aparente total da PB foi reduzida (p=0,06) conforme se aumentou o teor de FDN de feno nas dietas (Tabela 5). A PB presente em fenos de baixa qualidade, além de estar abaixo do necessário para fermentação adequada, é de baixo aproveitamento pelos microrganismos do rúmen (NRC, 2001), dessa forma, a queda linear da digestibilidade aparente da PB está associada ao aumento do teor de FDN de feno nas dietas.

4.2. Valores de energia líquida das dietas experimentais

Tabela 6. Valores observados de energia metabolizável, energia líquida de manutenção (kg/MS), energia líquida de ganho (kg/MS), e ingestão de energia líquida de manutenção e ganho (Mcal/dia) das dietas experimentais.

Variáveis [3]	Tratamentos					EPM[1]	Valor de P[2]		
	Concentrações de FDN de feno (%MS)								
	4,5	8	11,5	15	18,5		L	Q	4 vs 5
EM Mcal/kg MS	2,81	2,70	2,72	2,57	2,56	0,03	0,004*	0,70	0,89
EL manutenção Mcal/kg MS	1,93	1,78	1,79	1,67	1,66	0,03	0,0009[ǂ]	0,74	0,90
EL ganho Mca/kg MS	1,28	1,16	1,17	1,06	1,05	0,02	0,0009[¥]	0,75	0,90
Ingestão ELm, Mcal/dia	10,28	10,3	12,3	9,57	11,93	0,41	0,97	0,09[ɛ]	0,05
Ingestão ELg, Mcal/dia	6,86	6,69	8	6,09	7,56	0,27	0,40	0,11	0,06

*y = -0,027x+2,98 (R^2=0,82); [ǂ]y = -0,019x+1,98 (R^2=0,80); [¥]y = -0,0199x+1,36 (R^2=0,83); [ɛ]y = -0,05x^2+1,1x+5,53 (R^2=0,73); [1]EPM = Erro padrão da média; [2]L = efeito linear; Q = efeito quadrático; [3] EM = energia metabolizável; EL= energia líquida; Elm = energia líquida de manutenção Elg = energia líquida de ganho; *4 vs 5 = Contraste tratamento 15% de FDN de feno com 18% de FDN de feno

A inclusão de FDN de feno entre 4,5 a 15% da MS da dieta causou redução linear (P<0,01) nas concentrações de EM, ELm e ELg observadas das dietas, porém houve efeito quadrático (P=0,09) na ingestão de ELm, com valor máximo de ingestão na dieta com 11,5% de FDN de feno.

No trabalho de Santos et al. (2017) foram utilizados os mesmos ingredientes do presente estudo, com dietas contendo 4, 7, 10 e 13% de FDN de feno, em ensaio de desempenho, com 720 machos Nelore não castrados. Também foram observados efeitos quadráticos na IMS e de energia. Por derivação, nesse experimento a ingestão de energia foi otimizada com 11,5% de FDN de feno de palhada na dieta. No experimento de Santos et al. (2017) o GPD dos animais foi otimizado com 10,27% de FDN de feno de palhada na dieta. Entretanto, os valores de ELm e ELg observadas em ambas as dietas foram praticamente os mesmos, 1,79 e 1,17 Mcal/kg MS no presente estudo e 1,816 e 1,182 Mcal/kg MS (SANTOS et al., 2017), respectivamente. No trabalho de desempenho (Santos et al, 2017), os valores de energia observada foram calculados com base nos resultados de IMS, GDP e Peso corporal médios dos animais, enquanto no presente experimento, os valores de energia observada das dietas foram calculados com base na digestibilidade de nutrientes. Apesar dos teores de FDN de feno ao redor de 10,27% (Santos et al., 2017) e 11,5% (presente estudo) terem otimizado o GDP e a ingestão de energia, respectivamente, no trabalho de desempenho animal (Santos et al., 2017) o peso de carcaça quente foi otimizada com apenas 8,75% de FDN de feno.

O aumento no teor de CS concomitante com o aumento no teor de FDN de feno no tratamento 18,5% não alterou a concentração de energia da dieta em comparação com a dieta com 15% de FDN de feno (P>0,05). Entretanto, a inclusão de dose maior de CS na dieta com 18% de FDN de feno, reverteu o efeito negativo do excesso de fibra na IMS e estimulou a IMS (P<0,05) e de energia (P=0,06) dos animais.

4.3. Comportamento ingestivo

Aumento do teor de FDN de feno nas dietas ocasionou efeito quadrático ($p<0,05$) nos tempos de ingestão, de mastigação e de ruminação, expressos em min dia^{-1}. Esse efeito pode ser explicado pelo efeito quadrático da inclusão de fibra na IMS e pelo efeito estimulador da fibra na mastigação e ruminação. A queda nesses processos na dieta com 15% FDN de feno ocorreu em virtude da redução na IMS nessa dieta (Tabela 5). Segundo Bürger et al. (2000), em dietas com maiores proporções de concentrado, o peso específico da dieta é maior, devido à maior participação da fração concentrada e com menor teor de FDN, o que possibilita ao animal ingerir maior quantidade de alimento em menor espaço de tempo. Essa situação aconteceu no presente experimento provavelmente até o ponto em que a distensão ruminal passou a limitar a ingestão de alimento. A partir desse ponto, o tempo gasto com a ingestão, mastigação e ruminação de alimentos diminuiu, em virtude da queda na IMS.

Os tempos de ingestão, mastigação e ruminação expressos em minutos por kg de MS aumentaram de forma linear ($p<0,05$, Tabela 7) a medida que foi incluído maior quantidade de FDN de feno nas dietas. O mesmo foi observado para os tempos de mastigação ($p<0,05$) e ruminação ($p=0,08$) expressos em minutos por kg de FDN. Entretanto, a inclusão de FDN de feno não afetou ($p>0,1$) o tempo de ingestão por kg de FDN (Tabela 7). De acordo com Owens et al. (1998), cerca da metade do bicarbonato que entra no rúmen vem a partir da saliva durante a alimentação e ruminação. Dessa forma, aumentar o tempo de ruminação pode aumentar a capacidade tampão do rúmen e pode ajudar a prevenir quadros de acidose em bovinos confinados.

Tabela 7. Tempos (minutos/dia) despendidos com atividades de ruminação, ócio e comendo de bovinos Nelore em confinamento alimentados com cinco diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de feno.

Variáveis	Tratamentos								
	Concentrações de FDN de feno (%MS)					EPM[1]	Valor de P[2]		
	4,5	8	11,5	15	18,5		L	Q	4 vs 5*
Ingestão									
min dia^{-1}	139	147	213	177	215	7,59	0,001	0,04[#]	0,02
min kg de MS^{-1}	24,14	25,56	31,18	29,27	30,1	1,09	0,04[¥]	0,4	0,75
min kg de FDN^{-1}	84,81	82,9	92,75	80,7	68,33	3,1	0,92	0,4	0,14
Ruminação									
min dia^{-1}	182	237	399	356	403	20,85	<,0001	0,04 [₮]	0,16
min kg de MS^{-1}	35,03	42,78	58,21	57,76	56,58	2,76	0,001 [₺]	0,39	0,86
min kg de FDN^{-1}	125,59	138,85	173,14	159,21	128,41	7,4	0,08[€]	0,43	0,17
Mastigação									
min dia-1	321	384	612	533	618	26,82	<,0001	0,01[†]	0,03
min kg de MS^{-1}	64,01	68,33	89,39	87,03	86,69	3,57	0,006[₹]	0,59	0,96
min kg de FDN^{-1}	197,41	221,76	265,9	239,92	196,75	8,99	0,04[₪]	0,16	0,08
Ócio									
min dia^{-1}	1119	1056	828	907	822	26,22	<,0001	0,03[₣]	0,03

[#]$y = -0,94x^2+23,72x+41,21$ (R^2= 0,79); [¥]$y = 0,66x+20,95$ (R^2= 0,85); [₮]$y = -2,00x^2+58,54x+56,54$ (R^2= 0,86); [₺]$y = 2,39x+25,16$ (R^2= 0,71); [€]$y = 3,60x+114,81$ (R^2= 0,57); [†]$y= 2,89x^2+81,19x+9,30$ (R^2= 0,88); [₹]$y = 2,57x+52,09$ (R^2= 0,77); [₪]$y = 4,84x+184,18$ (R^2= 0,67); [₣]$y = 2,75x^2-77,92x+1430,94$ (R^2= 0,87); [1]EPM =Erro padrão da média; [2]L = efeito linear; Q = efeito quadrático; *4 vs 5 = Contraste tratamento 15% de FDN de feno com 18,5% de FDN de feno.

Ao aumentar o nível de FDN de feno e CS na dieta (tratamento 18,5% de FDN de feno), ocorreu aumento no tempo total gasto com a ingestão (p=0,02) e mastigação (p=0,03) de alimentos, efeitos também acompanhados pelo aumento na IMS (Tabela 5). No entanto, no que diz respeito ao tempo de ingestão por kg de MS e FDN não ocorreu efeito (contraste 4 vs 5, p>0,1) do aumento das concentrações de FDN de feno e de CS na dieta.

A natureza da dieta influencia no tempo gasto com ruminação, e é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos (Van Soest, 1994). Outro fator contribuinte para o efeito linear no tempo de mastigação e ruminação é a efetividade da fibra. Segundo Armentano et al. (1997), uma das medidas de mensurar a eficácia da fibra é a determinação de FDNfe, e o tempo de mastigação, que está fortemente relacionado com o teor de forragem e o tamanho de partícula forrageira da dieta, e é uma excelente variável de resposta física. No presente experimento, o teor de FDNfe das dietas aumentou à medida que houve aumento na concentração de FDN de feno nas dietas (Tabela 4).

O aumento no teor de FDN de feno proporcionou maior atividade de mastigação e ruminação (expresso em min kg de FDN e de MS), que pode ter contribuído para maior fluxo de saliva, reduzindo o tempo de pH abaixo de 6,0 (Figura 2). Segundo Defoor et al. (2002) e Allen (1997), o teor de FDN de volumosos está relacionado com o tempo de mastigação e o fluxo de saliva, atuando de maneira benéfica sobre o pH ruminal.

Volumosos de baixa qualidade podem fornecer a estimulação para a função ruminal (GENTRY et al., 2016). Shain et al. (1999) observaram que novilhos mestiços de raça taurina consumindo dietas contendo milho seco laminado com palha de trigo (5,6% na MS) tiveram um tempo maior de ruminação (235 e 190 min / dia, respectivamente) do que novilhos consumindo alfafa (10% na MS). O maior tempo de ruminação sugere que o FDN de palha de trigo é fisicamente mais eficaz do que a FDN de feno de alfafa.

Gentry et al. (2016), avaliaram o desempenho e tempo de ruminação de novilhos mestiços alimentados com: 5 % ou 10% de palhada de milho (corn stalks) (PM) (% na MS) com tamanho de partículas longas (PL) ou curtas (PC). A IMS foi maior para novilhos consumindo 5% PM com PL, o GPD e eficiência alimentar foram maiores para os animais consumindo 5% de PM com PL e 5% PM com PC quando comparados aos novilhos consumindo 10% de PM com PC. O tempo de ruminação (min/dia) foi maior para novilhos consumindo 10% de PM com PC, seguido de novilhos consumindo 5% PM com PL e foi menor para os animais consumindo 5% PM com PC. Os autores concluíram que o tamanho de partícula do volumoso pode ser um meio para diminuir ou aumentar a taxa de inclusão de volumosos, mantendo ruminação e desempenho. Este mesmo grupo de pesquisa conduziu estudo com animais canulados alimentados com as mesmas dietas do experimento de desempenho (WEISS et al., 2017). Os autores concluíram que não houve diferença em efetividade de fibra e tempo de ruminação entre as dietas 5% de PM com PL e 10% PM com PC. A inclusão de 5% de PM resultou em maior digestibilidade dos nutrientes e perfil fermentativo energeticamente mais favorável que a inclusão de 10% de PM.

Houve efeito quadrático ($p<0,05$) da inclusão de FDN de feno sobre o tempo de ócio dos animais (Tabela 7). A redução no tempo de ócio é explicada pelo aumento no tempo de ingestão, mastigação e ruminação de MS resultante da maior ingestão de MS até o nível de 11,5% de FDN de feno na dieta. A inclusão de 18,5% de FDN de feno e aumento do teor de CS na dieta reduziu o tempo de ócio, quando comparado com o tratamento de 15% de FDN de feno (contraste 4 vs 5, $p=0,03$), também em virtude do aumento do tempo de ingestão, ruminação e mastigação.

4.4. Parâmetros ruminais

Não houve efeito ($p>0,10$) dos tratamentos sobre a concentração total (mM) de AGCC no rúmen (Tabela 8). Apesar da concentração total de AGCC não variar, houve aumento ($p<0,01$) na proporção molar de acetato e redução ($p=0,05$) na proporção molar de propionato, resultando em aumento linear ($p<0,05$) na relação acetato:propionato. Essas diferenças na proporção molar de acetato e propionato são consistentes com resultados da literatura (QUINN et al., 2011; ZINN et al., 1994). Segundo Armentano e Pereira (1997), a concentração de FDN de forragem na dieta é correlacionada com a proporção de acetato:propionato no fluido ruminal, e essa relação é minimizada (ou seja, o propionato maximizado) com o teor de concentrado elevado. Allen et al. (2005) citam experimentos em que resposta hipofágica ao propionato foi relatada em ruminantes. Dessa forma, diminuir a concentração de FDN na dieta aumenta a produção e absorção de propionato, que pode ser o responsável pela redução na IMS. No entanto, não se deve tomar essa medida como único parâmetro, pois existem outros fatores envolvidos, como: mudanças na carga ácida, fluxo de proteína

microbiana, digestão da fibra ruminal, alterações nos metabólitos e hormônios, tornando esse estudo mais complexo (ALLEN, 2000; GALYEAN, et al., 2006).

O aumento na proporção de acetato em detrimento do propionato pode ter resultado em maiores perdas fermentativas via metano e CO_2 (DEMINICES et al., 2008). Sendo assim, a inclusão de até 11,5% de FDN de feno na dieta, apesar de aumentar a IMS e principalmente a ingestão de NDT e de ELm, pode ter parte dessa vantagem reduzida, em virtude de padrão fermentativo no rúmen menos vantajoso do ponto de vista energético. No experimento de desempenho animal, ao comparar dietas com 4, 7, 10 e 13% de FDN de feno (mesmos ingredientes do presente estudo), Santos et al. (2017) relataram que por derivação, o peso de carcaça quente dos animais zebuínos foi otimizado com 8,75% de FDN de feno na dieta.

Segundo Allen (1997), a FDN do volumoso pode aumentar a motilidade do rúmen, resultando em maior mistura de conteúdo ruminal. O aumento da mistura resulta em maior concentração de ácido no epitélio ruminal, o que pode resultar em uma maior taxa de absorção e remoção de ácido de fermentação do rúmen. A medida que o pH atinge níveis abaixo da neutralidade, aumenta a taxa de absorção dos ácidos propiônico e butírico, no entanto, não ocorre efeito sobre a taxa de absorção de ácido acético. Os ácidos propiônico e butírico possuem constantes de dissociação semelhantes. Como o ácido acético possui taxa de absorção menor, seu efeito na redução do pH ruminal é maior do que os ácidos propiônico e butírico (ALLEN, 1997). Entretanto, a inclusão de FDN de feno, apesar de aumentar a proproção molar de acetato ruminal, estimula a ruminação e consequentemente o tamponamento ruminal realizado por agentes tamponantes da saliva (YANG et al., 2006).

O aumento no teor de FDN de feno (tratamento 18,5% de FDN de feno) e CS na dieta, quando comparado com o tratamento de 15% de FDN de feno (contraste 4 vs 5, p=0,06) resultou em maior proporção molar de acetato e maior relação acetato:propionato. Apesar de ser energeticamente desfavorável do ponto de vista de fermentação ruminal, o aumento expressivo na IMS resultou em aumento mais expressivo ainda no consumo de NDT e de ELg na dieta com 18,5% de FDN de feno e CS. Além da FDN proveniente do volumoso, o aumento na inclusão do teor de CS pode ter contribuído para esse efeito. Em trabalho realizado por Anderson et al. (1988), os autores observaram valor de digestibilidade in vitro da MS de 70,4% para CS inteira e taxa de degradabilidade da FDN in situ de 7,5%/h, indicando alta digestibilidade da fração FDN desse alimento.

A proporção molar de isobutirato aumentou de forma linear (p=0,10), conforme houve aumento no teor de FDN de feno nas dietas. O isobutirato é fator de crescimento para vários microorganismos celulolíticos, que utilizam esse isoácido para seu crescimento na síntese de ácidos graxos ou para aminoácidos (VAN SOEST,1994). Entretanto, houve redução da proporção molar do ácido valérico (p=0,01).

A proporção molar de butirato e de isovalérico não foram afetadas pelos tratamentos (p>0,1). Ao aumentar o teor de FDN de feno e CS (tratamento 18,5% de FDN de feno) na dieta, não foi encontrada diferença significativa (p>0,1) para as proporções molares de propionato, butirato, isobutirato, valérico, isovalérico, quando comparado ao tratamento de 15% de FDN de feno (Contraste 4 vs 5, Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros ruminais de novilhos Nelore alimentados com rações contendo diferentes concentrações de FDN de Feno.

Variáveis	Tratamentos								
	Concentrações de FDN de feno (%MS)					EPM[1]	Valor de P[2]		
	4,5	8	11,5	15	18,5		L	Q	4 vs 5*
AGCC totais (mM)	101,74	100,73	112,27	99,44	101,61	3,24	0,83	0,23	0,75
AGCC, mol/100mol									
Acetato	45,57	50,92	52,85	54,9	58,66	0,99	0,001[#]	0,63	0,06
Propionato	36,45	32,9	29,81	28,53	24,49	1,49	0,05[¥]	0,69	0,32
Butirato	12,67	12,77	14,14	13,47	13,28	0,66	0,58	0,8	0,93
Isobutirato	1,02	1,15	1,15	1,19	1,23	0,04	0,10 [₮]	0,43	0,66
Valérico	1,72	1,36	1,2	1,19	1,07	0,08	0,01 [₺]	0,23	0,56
Isovalérico	2,34	2,24	2,03	1,92	2,33	0,13	0,21	0,96	0,26
Acetato:Propionato	1,49	1,66	1,82	1,98	2,44	0,04	0,02	0,96	0,04
N-NH3 ruminal,mg/dL	9,37	9,54	12,07	11,15	12,24	0,45	0,02[₸]	0,42	0,26
pH médio	5,76	5,9	6,01	6,15	6,25	0,06	0,01[₹]	0,99	0,47

[#]y= 0,76x+43,84 (R^2= 0,82); [¥]y= -0,76x+39,41 (R^2= 0,63); [₮]y= 0,01x+0,98 (R^2= 0,72); [₺]y= -0,05x+1,86 (R^2= 0,74); [€]y= 0,04x+1,28 (R^2= 0,78); [₸]y= 0,22x+8,34 (R^2= 0,75); [₹]y= 0,03x+5,60 (R^2= 0,71); [1]EPM = Erro padrão da média; [2]L = efeito linear; Q = efeito quadrático; 4 vs 5 = Contraste tratamento 15% de FDN de feno com 18% de FDN de feno.

4.5. pH do fluido ruminal

A média diária do pH dos animais aumentou de forma linear (p<0,05) com o aumento dos níveis de FDN de feno nas dietas (Tabela 8). Os valores médios para os níveis de 4,5; 8,0; 11,5; e 15 % de FDN de feno foram 5,76; 5,90; 6;01; e 6,15, respectivamente. A inclusão de 18,5% de FDN de feno e aumento no teor de CS na dieta não ocasionou mudança na média diária do pH ruminal (contraste 4 vs 5, p=0,47).

Segundo Owens et al, (1998), o pH referência para acidose subclínica está entre 5,6 e 5,3. A queda brusca do pH está associada ao consumo de alta quantidade de carboidratos não fibrosos, como conseqüência, o consumo de ração é reduzido e pode ocorrer diminuição no desempenho. Além disso, segundo o mesmo autor, valores de pH abaixo de 6,2 podem ocasionar redução na digestibilidade da fibra. No entanto, mais importante que o valor de pH, é o tempo de permanência em que o pH ficou na zona de risco (abaixo de 5,6). No presente estudo, não houve interação entre o tratamento e hora (p>0,1), apenas efeito fixo de tratamento (p<0,0001) e efeito fixo de hora (p<0,0001). O menor valor de pH encontrado foi de 5,3 para o tratamento de 4,5% de FDN de feno.

Apesar da ausência de diferença estatística (p>0,1) para valor médio de pH ruminal entre os tratamentos 15% de FDN e 18,5% de FDN de feno com CS extra, o pH ruminal nesta última dieta nunca baixou de 5,7. Esse fato pode ser explicado pela maior quantidade de fibra fisicamente efetiva e menor concentração de CNF da dieta (Tabela 4), que contribui para estimular a ruminação (Tabela 7), produção de saliva e o tamponamento ruminal.

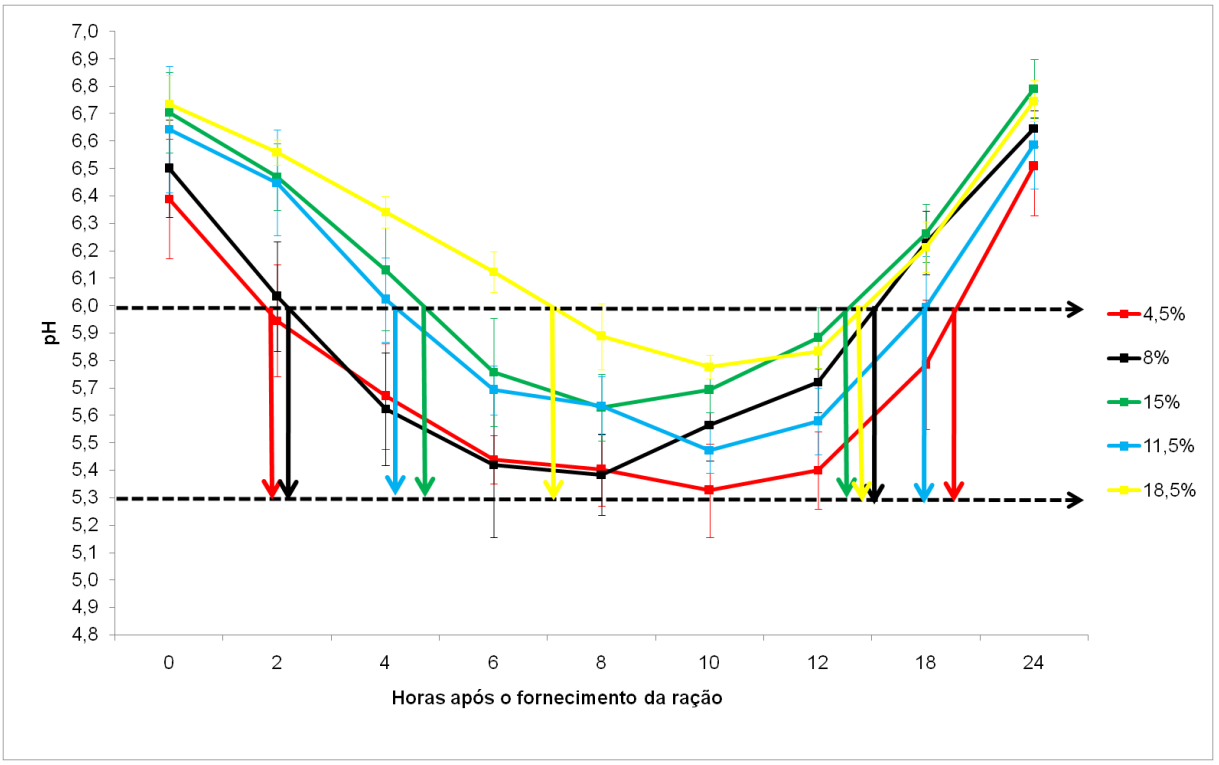

Figura 2: Variação ao longo do dia do pH ruminal em função das dietas experimentais, Setas indicam o período m que o ph permaneceu abaixo de 6,0.

4.6. Concentração de N-NH_3 ao longo do dia

O pico de concentração de N-NH_3 no conteúdo ruminal dos animais foi observado 4 horas após o fornecimento da ração para todos os tratamentos (Figura 3).

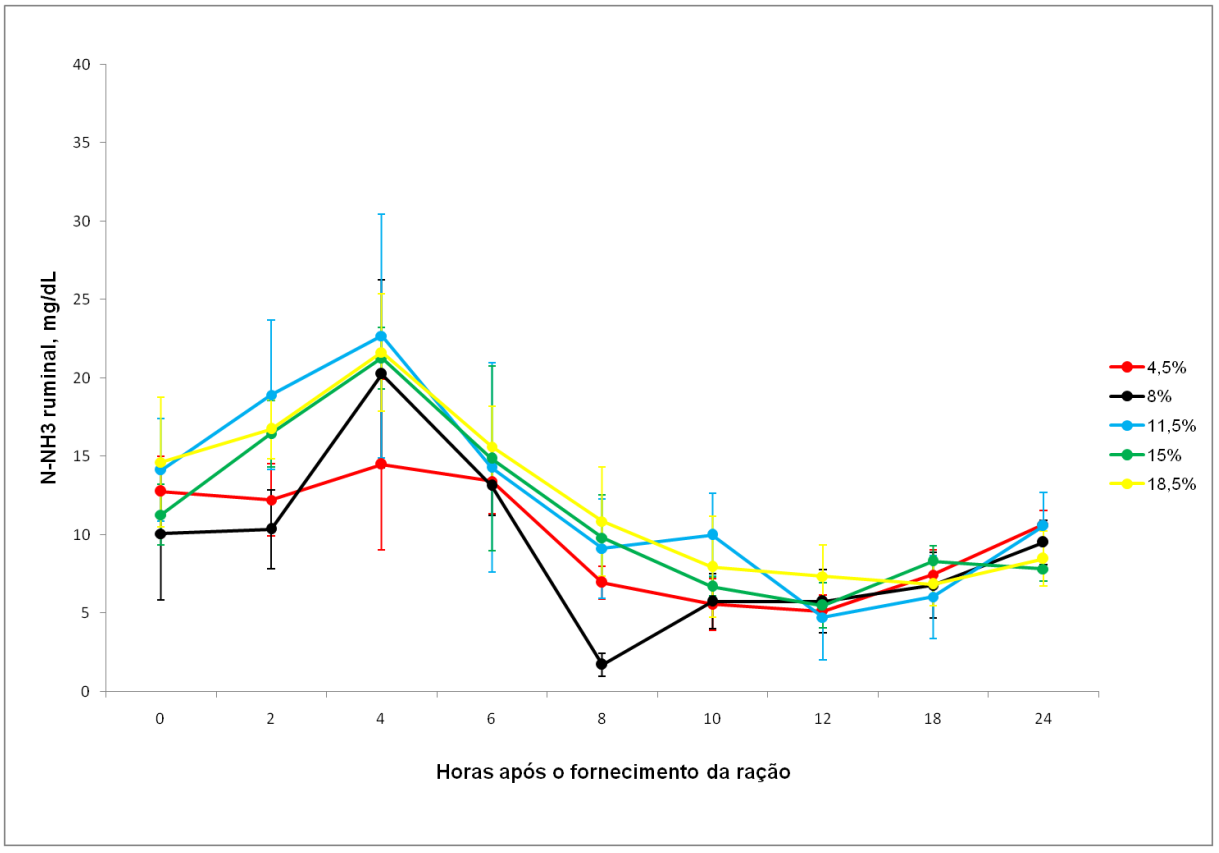

Figura 3. Variação ao longo do dia da concentração de amônia ruminal (mg/dl) em função das dietas experimentais.

A menor concentração de N-NH_3 no rúmen foi observada 12 horas após o fornecimento da ração, exceto para o tratamento de 8% de FDN de feno, que apresentou queda acentuada 8 horas após o fornecimento da ração, atingindo valor de 1,70 mg/dL e o tratamento de 11,5 % de FDN de feno, que apresentou menor valor de N-NH_3 ruminal (6,8 mg/dL) 18 horas após o fornecimento da ração (Figura 3). Não houve interação entre os níveis de FDN de feno e tempo ($p>0,1$), apenas efeito fixo de tratamento ($p<0,0001$) e efeito fixo de hora ($p<0,0001$).

A concentração de N-NH_3 ruminal pode ser utilizada como parâmetro para verificar se a ração oferecida ao animal está adequada em proteína degradável no rúmen (Valadares, 1995). No presente experimento, houve efeito linear positivo ($p<0,05$) para a média diária de N-NH_3 ruminal (mg/dL), apresentando valores de 9,37; 9,54, 12,07; 11,15 para inclusão de 4,5; 8,0; 11,5; e 15% de FDN de feno nas dietas, respectivamente. Não foi encontrada diferença ($p>0,1$) (contraste 4 vs 5, $p=0,26$) quando ocorreu aumento na concentração de FDN de feno e CS na dieta, em comparação ao tratamento de 15% de FDN de feno.

De maneira geral, os valores de N-NH_3 ruminal do presente experimento estão acima do recomendado por Satter e Slytter (1974), que indicam o mínimo de 5mg/dL para maximizar a síntese microbiana, no entanto, o nível ótimo de N-NH_3 ruminal não deve ser considerado como um número fixo, pois a capacidade das bactérias sintetizarem proteína e a utilização da amônia depende da taxa de fermentação de carboidratos (Van Soest, 1994). Detmann (2009) relatou que a degradação

ruminal de FDN é otimizada com níveis mínimos de 8 mg/dL de N- NH_3 ruminal, Leng (1990) reportou que valores maiores que 20 mg/dL de N-NH_3 ruminal proporcionam aumentos na IMS.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em dietas de terminação contendo 8% de caroço de algodão e ao redor de 14% de casca de soja, a inclusão de até 11,5% de FDN de feno de baixa qualidade reduz a densidade energética da dieta, a eficiência energética e proteica da fermentação ruminal, entretanto, estimula a ruminação, a elevação do pH ruminal e a ingestão de MS e de energia dos animais.

A inclusão de 18,5% de FDN de feno e 20,9% de casca de soja na dieta, em substituição parcial ao milho moído, reverte o efeito negativo do excesso de FDN de feno e estimula a IMS e ingestão de NDT em comparação com dieta contendo 15% de FDN de feno e 13,8% de casca de soja.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; HARVATINE, K. J. The cow as a model to study food intake regulation. **Annual Review of Nutrition,** v.25, p. 523–547, 2005.

ALLEN M, S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598–1624, 2000.

ALLEN, M, S. Relationship Between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. **Journal Dairy Science**, v. 80, p. 1447–1462, 1997.

ALLEN, M, S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, n.9, p.3063-3075, 1996.

ALMEIDA, M. P. **Qualidade de Sementes de Brachiaria brizantha cv, Xaraés do Campo de Produção ao Armazenamento**. 2015, 48f. Dissertação (Mestrado profissional) - Programa de Pós-Graduação Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015.

ANDERSON, S. J.; MERRILL, J. K.; MCDONNELL, M. L. *et al*,.Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. **Journal Animal Science**, v. 66, p. 2965-2976, 1988.

ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1416-1425, 1997.

ASCHENBACH, J. R.; PENNER, G. B.; STUMPFF, F.; GÄBEL, G. Ruminant nutrition symposium: role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 1092–1107, 2010.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Official methods of analysis. 15th ed, Arlington, 1990, v. 1, 1117 p.

BARKER, I. K.; VAN DREUMEL, A. A.; PALME, N. The alimentary system, In: JUBB, K. V. F.; KENNEDY, P. C.; PALMER, N. **Pathology of domestic animals**, 4,ed, San Diego: Academic, 574p, 1995.

BARTLE, S. J.; PRESTON, R. L.; MILLER, M. F. Dietary energy source and density: effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 1943-1953, 1994.

BEAUCHEMIN, K. A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfafa hay quality on chewing activities, rumen function, and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [S,l,], v. 74, p. 3140-3151, 1991.

BENTON, J. R.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; VANDER POL, K. J.; GREENQUIST, M. A. Effects of roughage source and level with the inclusion of wet distillers grains on finishing cattle performance and economics, **Nebraska Beef Report**. Lincoln, p. 29-32, 2007.

BRODERICK, G. A.; REYNAL, S. M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, Lancaster, v. 92, n. 6, p. 2822-2834, 2009.

BURGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. et al,. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.236-242, 2000.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PEREIRA, O. G.; VELOSO, R. G.; PEREIRA, E. S. Cinética ruminal das frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade In Vitro da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos**. Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2332-2339, 2002.

CAETANO, M.; GOULART, R. S.; SILVA, S. L.; DROUILLARD, J. S.; LEME, P. R.; LANNA, D. P. D. Effect Flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 93, p. 4023-4033, 2015.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, p. 130-132, 1962.

CRICHLOW, E, C.; CHAPLIN, R. K. Ruminal lact acidosis: Relationship of forestomach motility to nondissociated volatile fatty acids levels. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 46, p. 1908-1911, 1985.

Defoor, P. J.; Galyean, M. L.; Salyer, G. B.; Nunnery, G. A.; Parsons, C. H. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 80, p. 1395-1404, 2002.

DELCURTO, T.; HESS, B. W.; HUSTON, J. E.; OLSON, K. C. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 1–16, 2000.

DEMINICIS, B. B.; BORGES, J. C. L.; LIMA, E. S. Considerações sobre a produção de metano de origem ruminal. **PUBVET**, v. 2, n. 13, Mar5, 2008.

DETMANN, E. Fibra na nutrição de novilhas leiteiras. In: PEREIRA, E, S.; PIMENTEL, P. G.; QUEIROZ; A. C. et al., (Eds). **Novilhas leiteiras**, Fortaleza: Graphiti Gráfica e Editora Ltda, 2010, p. 253-302.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; MANTOVANI, H. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SAMPAIO, C. B.; SOUZA, M. A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K. S. C.

Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis Menten Kinetics. **Livestock Science**, p. 136-146, 2009.

FIRKINS, J. L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1426-1437, 1997.

FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. **Proceedings…** Plains Nutrition Council Spring Conference. p. 67-81, 2002, San Antonio, TX. Publication AREC 02-20, Amarillo : Texas A&M, Research and Extension Center. Disponível em URL: <https://amarillo,tamu,edu/files/2010/10/2002PNC-Proceedings,pdf,>, Acessado em: 20 ago 2017.

GAEBEL, G.; BELL, M.; MARTENS, H. The effect of low mucosal pH on sodium and chloride movement across the isolated rumen mucosa of sheep. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, Cambrige, v. 74, n. 1, p. 35-44,1989.

GALYEAN, M. L.; HUBBERT, M. E. REVIEW: Traditional and alternative sources of fiber—Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. **The Professional Animal Scientist**, v. 30, p.571–584, 2014.

GALYEAN, M. L.; ABNEY, C. S. 2006. Assessing roughage value in diets of high producing cattle. **In: 21st Annual Southwest Nutrition e Management Conference**, Tempe, AZ, USA, p 127-144.

GALYEAN, M. L.; DEFOOR, P. J. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 8, suppl, 2, p. E8–E16, 2003.

GALYEAN, M. L.; HUBBERT, M. E. 2012, Traditional and alternative sources of fiber–roughage values, effectiveness, and concentrations in starting and finishing diets, , **Proceedings…** Plains Nutrition Counc,, San Antonio, TX, p. 74–98.

GARCÉS-YÉPEZ, P,; KUNKLE, W. E.; BATES, D. B.; MOORE, J. E.; THATCHER, W. W.; SOLLENBERGER, L. E. Effects of supplemental energy source and amount of forage intake and performance by steers and intake and diet digestibility by sheep. **Journal of Animal Science,** v.75, p.1918-1925, 1997.

GARLEB, K. A.; FAHEY JR, G. C.; LEWIS, S. M.; KERLEY, M. S.; MONTGOMERY, L. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-product feedstuffs fed to ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, n. 10, p. 2650-2662, 1988.

GARRETT, W. N. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: MOUNT, L. E. (Ed) SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 1980, Cambridge, **Proceedings,,,** London: Butterworths, 1980a, p. 3-7, (EAAP Publication, 28).

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.

GILL, H. S.; SHU, Q.; LENG, R. A. Immunization with Streptococcus bovis protects against lactic acidosis in sheep. **Vaccine**, v. 18, p. 2541–2548, 2000.

GOUVÊA, V. N.; BATISTEL, F.; DE SOUZA, J.; CHAGAS, L. J.; SITTA, C.; CAMPANILI, P. R. B.; GALVANI, D. B.; PIRES, A. V.; OWENS, F. N.; SANTOS, F. A. P. Flint corn grain processing and citrus pulp level in finishing diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 665–677, 2016.

GOMES, I. P.; ANDRADE, P. Substituição do milho pela casca do grão de soja, In Reunião Anula da Socieddade Brasileira de Zootecnia, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu, Sociedade Brasileira de Zootecnia (ed,) SBZ, 1998.

GRANT, R. J.; MERTENS, D. R. Influence of buffer pH and raw cornstarch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, p. 2762-2768, 1992.

GRIGSBY, K. N.; KERLEY, M. S.; PATERSON, J. A.; WEIGEL, J. C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental levels of soybean hull substitution. **Journal of Animal Science**, v.70, p.1941-1949, 1992.

HEINRICHS, A. J.; LAMMERS, B. P. Particle size recommendations for dairy cattle, In: Silage:Field to Feedbunk, 1997, Hersey. **Proceedings…** Hershey:NRAES, p. 268-278, 1997.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal Dairy Science,** v.69, p.2755, 1986.

HORNEY, M. R.; DELCURTO, T.; STAMM, M. M.; BAILEY, R. K.; BRANDYBERRY, S. D. Early-Vegetative Tall Fescue Hay vs Alfalfa Hay as a Supplement for Cattle Consuming Low-Quality Roughages. **Journal of Animal Science**, n. 74, p. 1959–1966, 1996.

KLOPFENSTEIN, T.; OWEN, F. Soybean hulls, An energy supplement for ruminants**. Animal Health and Nutrition**, v.42, n.4, p, 28-32, 1987.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, 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. 1858–1863, 2003.

KRAJCARSKI-HUNT, H.; PLAIZIER, J. C.; WALTON, J. P.; SPRATT, R.; MCBRIDE, B. W. Short communication: Effect of subacute ruminal acidosis on in situ fiber digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85 p. 570–573, 2002.

KREIKEMEIER, K. K.; HARMON, D. L.; BRANDT JR, R. T.; NAGARAJA, T. G.; COCHRAN, R. C. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: Effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. **Journal of Animal Science**, Albany, v.68, p. 2130-2141, 1990.

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**, Champaign, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.

LENG, R. A. Factores affecting the utilization of “poor-quality” forage by ruminants of particulary under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v. 3, p. 277- 303, 1990.

LETTAT, A.; NOZIÈRE, P.; SILBERBERG, M.; MORGAVI, D. P.; BERGER, C.; MARTIN, C. Experimental feed-induction of ruminal lactic, propionic, or butyric acidosis in sheep. **Journal of Animal Science,** v. 88, p. 3041–3046, 2010.

MACKIE, R. I.; GILCHRIST, F. M. Changes in lactate-producing and lactate- utilizing bacteria in relation to pH in the rumen of sheep during stepwise adaptation to a high-concentrate diet. **Appl, Environ, Microbiol**, v. 38, p. 422–430, 1979.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; CHRISTENSEN, D. A. Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 5, p. 1176-1182, 2002.

Marques, R.S., L. J. Chagas, F. N. Owens, and F. A. P. Santos. 2016. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. **J. Anim. Sci.**, 94(1):339–348. doi: 10.2527/jas.2015-9758.

MARQUES, R. S.; DÓREA, J. R. R.; PEDROSO, A. M.; BISPO, A. W.; MARTINS, C. G.; ANGOLINI, W. F.; SANTOS, F. A. P. Effects of varying forage levels in diets containing whole flint corn and benefits of steam flaking the corn on finishing Nellore bulls performance, carcass characteristics, and liver abscesses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 89, suppl, 1, p. 762, 2011.

MARTIN, S. K.; HIBBERD, C. A. Intake and digestibility of low-quality native grass hay by beef cows supplemented with graded levels of soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 12, p. 4319-4325, 1990.

MAY, M. L.; QUINN, M. J.; DiLORENZO, N.; SMITH, D. R.; GALYEAN, M. L. Effects of roughage concentration in steam-flaked corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on feedlot cattle performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 89, p.549-559, 2011.

MELO, A. H. F. **Processamento de grãos de milho e concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana *in natura* em dietas para bovinos em terminação** 2015, 157p, Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MERTENS, D. R. Factors influencing feed intake in lactation cows: from theory to application using neutral detergent fiber. **Proceedings...** Georgia Nutr, Conf, p. 1- 18, 1985.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D. R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: Van HORN, H.H.; WILCOX, C.J. (Eds,) Large dairy herd management. Champaign: American **Dairy Science Association**, 1992, p. 219-239.

MERTENS, D. Formulating dairy rations: Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations: In: INFORMATION CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, 1996. Wisconsin, **Proceedings…** Wisconsin: U,S Dairy Forage and Research Center, 1996, p. 81-92.

_____. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows, **Journal of Dairy Science.** Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

_____. 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.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B. et al., A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Jounal of Animal Science**, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MIRON, J, et al., Composition and in vitro digestibility of monossacharide constituents of selected byproduct feeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.49, p. 2322-2326, 2001.

MOORE, J. A.; POORE, M. H.; SWINGLE, R. S. Influence of roughage source on kinetcs of digestion and passage, and on calculates extends of ruminal digestion in beef steers fed 65% concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 68, p.3412- 3420, 1990.

MUELLER, C. J.; PAS.; BOGGS, D. L. Use of soybean hulls with or without corn by-product protein sources in feedlot backgrounding diets. **The Professional Animal Scientist**, v. 27 p. 228–234, 2011.

NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 23, n. 2, p. 333-350, 2007.

NAKAMURA, T.; OWEN, F. G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 4, p. 988-994, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requeriments of Dairy Cattle**, 7 th ed, Washington: National Academy Press, 2001, 408p.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF BEEF CATTLE – NRBC. **The National Academies Press**: Eighth Revised Edition, Washington, DC, 2016, 475p.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64-75, 2014.

OWENS, F. N. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients, **In: II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte**, VI Simpósio de Produção de Gado de Corte, 2015. Disponível em: <https://www,researchgate,net/publication/268249567>, Acessado em: 4 ago 2017.

OWENS, F. N; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v.75, p. 868-878, 1997.

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

OWENS, F. N. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte. **VI Simpósio de Produção de Gado de Corte**, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/268249567>. Acessado em 18 ago 2017.

PARISH, J. Fiber in beef cattle diets. **Starkville: Mississipi State University Extension Service**, 2007. Disponível em:<http://msucares,com/livestock/beef/mca_mar2007,pdf> Acessado em: 21 ago, 2017.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.). **Simpósio de Produção de Gado de Corte (X Simcorte)**. 1ed.Viçosa/MG: UFV, 2016, v. 1, p. 103-120.

POPPI, D. P.; NORTON, B. W.; MINSON, D. J.; HENDRICKSEN, R. E. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **Journal of Agriculture Science,** v.94, n.2, p.275-280, 1980.

POORE, M. H.; JOHNS, T. J.; BURRIS, W. R. Soybean hulls, wheat middlings, and corn gluten feed as supplements for cattle on forage-based diets. **Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice**, v. 18, n. 2, p. 213-31, 2002.

POORE, M. H.; MOORE, J. A.; SWINGLE, R. S. Diferencial passage rates and digestion of neutral detergent fiber from grain and forage in 30, 60 and 90% concentrate diets fed to steers. **Journal of Animal Science**, v.68, n.9, p.2965- 2973, 1990.

RODRIGUES, A. A.; SOUZA, F. H. D. Utilização da palhada residual da produção de sementes de capim na alimentação de ruminantes. **Circular técnica 42.** Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, Disponivel em: < https://www,infoteca,cnptia,embrapa,br/bitstream/doc/47261/1/Circular42,pdf>, Acessado em: 18 ago, 2017.

QUINN, M. J.; MAY, L. M.; DILORENZO, N.; PONCE, C. H.; SMITH, D. R.; PARR, S. L.; GALYEAN, M. L. Effects of roughage source and distillers grain concentration on beef cattle finishing performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 89, p.2631–2642, 2011.

RUSSEL, J. B.; RYCHLIK, J. L. Factors that alter rumen microbial ecology. **Science New York**, v. 292, n. 5519, p. 1119-1122, 2001.

SANTOS, F. A. P.; FERNANDES, J. J. D. R.; DROUILLARD, J. S.; OLIVEIRA, L. G.; LEITE, L. S. Varying levels of low quality grass hay NDF in finishing diets for Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 95, Issue suppl_4, p. 299, 2017.

SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal Nutrition**, v.32, p.199, 1974.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, SAS: user's guide, Cary, 2002, 525p.

SHAIN, D. H.; STOCK, R. A.; KLOPFENSTEIN, T. S.; HEROLD, D. W. The Effect of Forage Source and Particle Size on Finishing Yearling Steer Performance and Ruminal Metabolism. **Journal Animal Science**, v. 77, p. 1082–1092, 1999.

SILVA, D. J, & QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed., Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002, 165p.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany. v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, F. H. D. Produção e comercialização de sementes de plantas forrageiras tropicais no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Núcleo de Estudos em Forragicultura da UFLA, 2001, p. 273-282.

SOUZA, F. H. D.; CARDOSO, E. G. Alternativa para o descarte de palhada resultante da produção de sementes de capim. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste, p.3 **Comunicado Técnico, 39**, 2003. Disponível em: <https://ainfo,cnptia,embrapa,br/digital/bitstream/CPPSE/14628/1/PROCICT39FHD S2003,00211,pdf> Acesso em 19 ago, 2017.

SOUZA, F. H. D.; POTT, E. B.; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, A. C. C.; RODRIGUES, A. A. Usos alternativos da palhada residual da produção de sementes para pastagens. São Carlos, SP: **Embrapa Pecuária Sudeste**. p. 241, 2006.

SWANSON, K. C.; CARLSON, Z. E.; RUCH, M. C.; GILBERY, T. C.; UNDERDAHL, S. R.; KEOMANIVONG, F. E.; BAUER, M. L.; ISLAS, A. Influence of forage source and forage inclusion level on growth performance, feeding behavior, and carcass characteristics in finishing steers. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 1325-1334, 2016.

STOCK, R. A.; SINDT, M. H.; PARROTT, J. C.; GOEDEKEN, F. K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 68, p. 3441-3455, 1990.

SWAIN, S. M.; ARMENTANO L. E. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2318, 1994.

Theurer, C. B.; SWINGLE, R. S.; WANDERLEY, R. C.; KATTNIG, R. M.; URIAS, A.; GHENNIWA, G. Sorghum grain flake density and source of roughage in feedlot cattle diets. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1066–1073, 1999.

TITGEMEYER, E. C. Soy by-products as energy sources for beef and dairy cattle, In: **Soy in Animal Nutrition**. J, K, Drackley, ed, Feeding Animal Science. Savy, IL, 2000, p. 238-256.

UNDERSANDER, D.; MERTENS, D. R.; THIEX, E. N. Forage analyses procedures, **National Forage Testing Association**, Omaha, NE, 1993, 154p.

UWITUZE, S.; PARSONS, G. L.; SHELOR, M. K.; DEPENBUSCH, B. E.; KARGES, K. K.; GIBSON, M. L.; REINHARDT, C. D.; HIGGINS, J. J.; DROUILLARD, J. S. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 258-274, 2010.

VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, L. H. P.; BENEDETI, P. D. B. E.; MACHADO, P. A. S. Fundamentos tecnológicos associados aos diferentes modelos dietéticos para bovinos em confinamento, e uso do BRCORTE 2,0 para formular dietas e predizer o desempenho de bovinos. **In: IX SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE AND V INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE PRODUCTIO**. 2014, Viçosa – MG. Proceeding... Viçosa: UFV, 2014, p,165-212, Disponível em: URL: <http://www,simcorte,com/arquivosAnais/arquivo16>, Acessado em : 10 ago 2017.

VALADARES FILHO, S. C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal de proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGËNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa, MG: JARD, 1995, p.355- 388.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed, Ithaca: Cornell University Press, p. 476, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

WARE, R. A.; ZINN, R. A. Influence of forage source and NDF level on growth performance of feedlot cattle. **Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science**, Saint Louis, v. 55, p. 637-641, 2004.

WEISS, C. P.; GENTRY, W. W.; MEREDITH, C. M. 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.

WILES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSLING, R. C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas Methods: review and inter laboratory study using dairy products. **Journal of the AOAC International**, Gaithersburg, v. 81, p. 620-632, 1998.

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIM, K. A. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 1, p. 217-28, 2006.

YU, P. Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 81, p. 777-783, 1998.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A.; BARAJAS, R. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 72, p. 220.