



CÁSSIA CAMPOS DE OLIVEIRA

**ESTÁGIO NA FAZENDA SÃO FRANCISCO – SILAGENS
DE TIFTON OU ALFAFA COMO FONTE DE FIBRA
FISICAMENTE EFETIVA PARA VACAS LEITEIRAS**

**LAVRAS-MG
2022**

CÁSSIA CAMPOS DE OLIVEIRA

**ESTÁGIO NA FAZENDA SÃO FRANCISCO – SILAGENS DE TIFTON OU
ALFAFA COMO FONTE DE FIBRA FÍSICAMENTE EFETIVA PARA VACAS
LEITEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Medicina Veterinária, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Marcos Neves Pereira
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

CÁSSIA CAMPOS DE OLIVEIRA

**ESTÁGIO NA FAZENDA SÃO FRANCISCO – SILAGENS DE TIFTON OU
ALFAFA COMO FONTE DE FIBRA FISICAMENTE EFETIVA PARA VACAS
LEITEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Curso de Medicina Veterinária, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 12 de Setembro de 2022

Dr. Marcos Neves Pereira

Dra. Rayana Brito da Silva

Me. Wesley de Rezende Silva

Prof. Dr. Marcos Neves Pereira

Orientador

LAVRAS-MG

2022

RESUMO

O estágio supervisionado foi realizado na Fazenda São Francisco (Ijaci, MG, Brasil) no período de 16 de maio de 2022 a 5 de agosto de 2022. Objetivou-se avaliar o efeito da substituição da silagem de Tifton (TIF, 55,2% MS da dieta oferecida) pela mesma concentração de fibra em detergente neutro (FDN) na matéria seca (MS) da dieta de silagem de alfafa (ALF, 39,7% MS da dieta oferecida) no consumo de matéria seca (CMS), desempenho da lactação, digestibilidade e comportamento mastigatório de vacas leiteiras. Dezoito vacas Holandesas ($34,8 \pm 5,1$ kg/d, 617 ± 76 kg, 124 ± 89 dias em lactação) foram blocadas (1-9) por paridade (1 vs. >1) e produção de leite. Dentro de um bloco, cada vaca recebeu uma sequência das duas forrageiras em delineamento de reversão simples (períodos de 21 dias com adaptação de 14 dias). O modelo estatístico teve os efeitos de vaca, período e forragem. As forragens foram colhidas aos 40 dias de crescimento e envoltas com filme plástico em fardos. As vacas foram alimentadas individualmente com uma dieta completa (*Total Mixed Ration*, TMR) uma vez ao dia (07:00) e ordenhadas três vezes ao dia (05:00, 13:00 e 19:30). A proteína bruta e a FDN da silagem de TIF foram de 13,0 e 58,2% da MS e da silagem de ALF foram de 18,8 e 35,7%, respectivamente. As concentrações na MS de TIF e ALF na dieta foram de 10,4% e 15,8%. O farelo de soja foi 19,5% da MS da dieta em TIF e 16,2% em ALF e a polpa cítrica foi 13,7% em TIF e 11,8% em ALF. As silagens de planta inteira de milho (33,2%) e grãos reidratados (20,1%) foram constantes nas dietas. As dietas apresentaram concentrações semelhantes (% da MS) de proteína (16,8%), FDN da forragem (FNDF, 22,4%) e amido (24,1%). Os tamanhos de partícula das dietas ALF e TIF foram (% da MS): FDN>8 mm 18,2 e 19,2; FDN>19 mm 5,9 e 5,0; DM>8 mm 48,8 e 45,8; DM>19 mm 12,4 e 10,7. A FDN não digerida da dieta às 240 h (FDNu) foi de 10,3% da MS em ALF e 8,8% em TIF. Não houve efeito da fonte de forragem ($P \geq 0,16$) na produção de leite (32,6 kg/d), composição e secreção e perfil de ácidos graxos. Vacas alimentadas com ALF apresentaram menor ($P \leq 0,01$) N-ureico (mg/dL) no leite (13,1 vs. 14,6) e no plasma (17,8 vs. 20,0) do que as vacas alimentadas com TIF. A ingestão de uFDN foi aumentada por alfafa [0,38 vs. 0,33% do peso vivo (PV)] e diminuiu a ingestão de FDN>8 mm (0,68 vs. 0,71% do PV) ($P < 0,01$). Os consumos de MS (23,7 kg/d) e FNDF (5,3 kg/d) não diferiram ($P \geq 0,23$). A ingestão e a ruminação em min/d, min/kg MS e min/kg FNDF não diferiram ($P \geq 0,33$). Ingestão e ruminação em min/kg uFDN foram menores com ALF do que com TIF. Frequência (8,3 /d), tamanho (2,9 kg MS/refeição) e duração de refeição (41,2 min/refeição) e tempo de refeição diário (338 min/d) não diferiram ($P \geq 0,12$). Vacas alimentadas com ALF tenderam a ter uma primeira refeição mais curta (40,6 vs. 46,9 min/refeição, $P = 0,09$), tiveram menor porcentagem de ingestão diária pela manhã (36,4 vs. 41,5, $P < 0,01$) e maior porcentagem de ingestão à noite (33,6 vs. 28,5, $P < 0,01$) do que as vacas alimentadas com TIF. A recusa de partículas de ração >19 mm de manhã e à noite foi menor com ALF do que com TIF ($P \leq 0,04$). Apenas vacas alimentadas com TIF selecionaram a favor de partículas < 8mm à noite ($P < 0,01$). A digestibilidade aparente da MS (67,7 vs. 69,8% do consumo) e da FDN (42,0 vs. 47,1% do consumo) no trato digestivo total e o consumo de FDN digestível (2,92 vs. 3,35 kg/d) foram menores com ALF do que TIF ($P < 0,01$), mas o consumo de matéria orgânica digestível (15,5 kg/d) e o crescimento microbiano ruminal não diferiram ($P \geq 0,50$). A substituição isso-FDN de TIF por ALF não afetou o CMS e o desempenho da lactação, enquanto a digestibilidade da dieta foi reduzida e o comportamento mastigatório foi afetado.

Palavras-chave: Alfafa. Vacas leiteiras. Ingestão. Ruminação. Silagem. Tifton.

ABSTRACT

The supervised internship was carried out at Fazenda São Francisco in the city of Ijaci-MG, from May 16th to August 5th. We evaluated the effect of replacing Tifton silage (TIF, 55.2% DM/as-fed) with an iso-NDF concentration in diet dry matter (DM) of alfalfa silage (ALF, 39.7% DM/as-fed) on DM intake (DMI), milking performance, digestibility, and chewing behavior of dairy cows. Eighteen Holstein cows (34.8 ± 5.1 kg/d, 617 ± 76 kg, 124 ± 89 days in milk) were blocked (1-9) by parity (1 vs. >1) and milk yield. Within a block, each cow received a sequence of the two forages in a cross-over design (21-d periods with 14-d adaptation). The statistical model had the effects of cow, period, and forage. Forages were harvested at 40 d of growth and wrapped with plastic film in bales. Cows were individually fed a total mixed ration once per d. Crude protein and NDF of TIF silage was 13.0 and 58.2% of DM and of ALF silage was 18.8 and 35.7%. The DM concentrations in the diet of TIF was 10.4% and ALF was 15.8%. Soybean meal was 19.5% of diet DM in TIF and 16.2 in ALF and citrus pulp was 13.7 in TIF and 11.8 in ALF. Silages of whole plant corn (33.2) and rehydrated kernels (20.1) were constant in diets. Diets had similar concentrations (% of DM) of protein (16.8), forage NDF (FNDF, 22.4), and starch (24.1). Particle size of diets ALF and TIF were (% of DM): NDF>8 mm 18.2 and 19.2; NDF>19 mm 5.9 and 5.0; DM>8 mm 48.8 and 45.8; DM>19 mm 12.4 and 10.7. Diet undigested NDF at 240 h (uNDF) was 10.3% of DM in ALF and 8.8% in TIF. There was no effect of forage source ($P \geq 0.16$) on milk yield (32.6 kg/d), composition, and fatty acid secretion and profile. Cows fed ALF had lower ($P \leq 0.01$) urea-N (mg/dL) in milk (13.1 vs. 14.6) and plasma (17.8 vs. 20.0) than cows fed TIF. ALF increased the intake of uNDF [0.38 vs. 0.33% of body weight (BW)] and lowered the intake of NDF>8 mm (0.68 vs. 0.71% of BW) ($P < 0.01$). DMI (23.7 kg/d) and FNDF intake (5.3 kg/d) did not differ ($P \geq 0.23$). Eating and rumination in min/d, min/kg DM, and min/kg FNDF did not differ ($P \geq 0.33$). Eating and rumination in min/kg uNDF were lower with ALF than TIF. Meal frequency (8.3 /d), size (2.9 kgDM/meal), and duration (41.2 min/meal) and daily meal time (338 min/d) did not differ ($P \geq 0.12$). Cows fed ALF tended to have a shorter first meal (40.6 vs. 46.9 min/meal, $P = 0.09$), had lower % of daily intake in the morning (36.4 vs. 41.5, $P < 0.01$), and higher % of intake at night (33.6 vs. 28.5, $P < 0.01$) than cows fed TIF. Refusal of feed particles >19 mm in the morning and night was lesser with ALF than with TIF ($P \leq 0.04$). Only cows fed TIF selected in favor of particles <8 mm at night ($P < 0.01$). The total tract apparent digestibility of DM (67.7 vs. 69.8% of intake) and NDF (42.0 vs. 47.1% of intake) and the intake of digestible NDF (2.92 vs. 3.35 kg/d) were lower with ALF than TIF ($P < 0.01$), but digestible organic matter intake (15.5 kg/d) and rumen microbial yield did not differ ($P \geq 0.50$). The replacement of TIF with ALF on an iso-NDF basis did not affect DMI and lactation performance, while diet digestibility was reduced, and chewing behavior was affected.

Keywords: Alfalfa. Dairy cows. Eating. Rumination. Silage. Tifton.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Alfafa e Tifton	8
2.2 Tamanho de partícula	9
2.3 Fibra fisicamente efetiva (peFDN)	10
2.4 Comportamento ingestivo e seleção de partículas	12
3 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO	14
4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	17
5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	23
6 RESULTADOS	24
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Vacas de alta produção demandam dietas densas, ricas em concentrados energéticos para garantir suprimento de energia do animal (ZEBELI *et al.*, 2012). Por outro lado, dietas com alta inclusão de forragem podem impedir vacas de alta produção de atenderem suas necessidades energéticas devido a limitação física do consumo (ALLEN, 2000). Um desafio é equilibrar a densidade energética com o teor de fibra em detergente neutro (FDN) fisicamente efetivo (peFDN) de forma a evitar distúrbios ruminais, uma vez que peFDN estimula mastigação, salivação e contribui para formação do mat ruminal (MERTENS, 1997; ZEBELI *et al.*, 2012). Assim, verificar a matéria seca (MS) retida acima das peneiras de 8 mm e 19 mm e o teor de FDN da forragem são pontos importantes ao se avaliar em uma dieta, a fim de se obter a peFDN (WHITE *et al.*, 2017). A escolha da forragem a ser utilizada deve ser considerada, uma vez que leguminosas e gramíneas têm diferentes tempos de retenção no rúmen, digestibilidades, potenciais de limitação física de consumo e fragilidade da fibra (MCLEOD *et al.*, 1990; KAMMES, ALLEN, 2012; WEST *et al.*, 1997). O critério agrônomo também é um fator a ser considerado, uma vez que forragens que se adaptam melhor em ambientes tropicais podem ser de menor custo (BERNARD *et al.*, 2010). Portanto, apesar da alfafa ser consolidada como uma excelente fonte de forragem, resistência a seca e a temperaturas mais altas são pontos que valorizam a escolha do Tifton para uma dieta no Brasil.

A ingestão de forragem também é um fator de importância para o comportamento ingestivo, uma vez que aumentar peFDN pode aumentar tempo de mastigação (YANG, BEAUCHEMIN, 2006). Maximizar tempos de ruminação e alimentação, e a frequência de ruminações têm, por sua vez, capacidade de aumentar CMS, produção de leite e composição do leite (JOHNSTON, DEVRIES, 2018). Promovendo uma alimentação mais equilibrada e constante ao longo do dia, reduzindo os riscos de acidose ruminal subaguda (SARA).

O tamanho de partícula, por sua vez, é necessário para promover secreção de saliva durante a ruminação e garantir uma adequada motilidade ruminal e reticuloruminal, promovendo saúde do rúmen (MERTENS, 1997). Contudo, trabalhar com reduções moderadas poderiam aumentar CMS, reduzir a seleção de partículas e promover maior degradação ruminal da fibra, reduzindo seleção de partículas, devido a uma maior

homogeneidade da dieta, e risco de SARA (DEVRIES *et al.*, 2008; KONONOFF *et al.*, 2003; ZEBELI *et al.*, 2012).

Assim, verifica-se a importância de avaliar o tipo de forragem, sua inclusão e tamanho de partícula, uma vez que tem grande impacto no equilíbrio entre garantir boa produção de leite sem ocorrência de distúrbios ruminais e limitação de consumo. Nesse estudo, objetivou-se avaliar a substituição de silagem de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) pela mesma concentração de FDN na MS da dieta de silagem de alfafa no CMS, desempenho da lactação, digestibilidade e comportamento mastigatório de vacas leiteiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alfafa e Tifton

A alfafa (*Medicago sativa*) é uma leguminosa considerada uma excelente forragem e amplamente utilizada em muitas regiões dos EUA como uma das forragens primárias fornecidas a vacas em lactação (BERNARD *et al.*, 2010). Contudo, é uma forrageira de alto custo e não adequada para todas as regiões devido à sua suscetibilidade a doenças, insetos, má drenagem do solo e condições climáticas (NELSON *et al.*, 1986). Assim, gramíneas mais adaptadas ao cultivo tropical seriam uma opção viável de forrageira. O Tifton 85 (*Cynodon spp.*), entra como um cultivar mais novo, de boa produtividade e resistência a seca e lagartas (BURTON, 2001).

Apesar do Tifton 85 ter maior concentração de FDN, a digestibilidade *in vitro* da FDN é maior em comparação com a da alfafa (WEST *et al.*, 1997). A maior digestibilidade *in vitro* da FDN da gramínea, juntamente com a maior digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (FDA) e FDN, sugerem que a maior digestão da fibra pode aumentar sua taxa passagem pelo rúmen. Isso pode sustentar o CMS apesar do alto teor de FDN na dieta quando Tifton e alfafa são incluídos na mesma proporção da MS da dieta (WEST *et al.*, 1997). Segundo o NASEM (2021), maior digestibilidade da FDN das forragens teria relação positiva com CMS e produção de leite, mas essa digestibilidade possui variação entre os tipos de forragem. Entretanto, foi introduzido o conceito de fragilidade da fibra como um fator mais importante que a digestibilidade *in vitro* da FDN para estimar CMS, apesar dessa análise se relacionar com fragilidade da fibra dentro do mesmo tipo de forragem (NASEM, 2021). As gramíneas apresentam menor fragilidade da fibra do que leguminosas (MCLEOD *et al.*, 1990), assim, apresentam maior tempo de retenção no rúmen, levando a uma limitação física do

consumo e mais fibra efetiva (KAMMES, ALLEN, 2012). Isso pode ser explicado pela menor retenção seletiva de partículas curtas no rúmen para alfafa quando comparada a uma gramínea de estação fria, sendo possível um aumento nas taxas de redução de FDN indigestível (uFDN) grande para pequeno e passagem de FDN potencialmente digestível e uFDN curtos em comparação com uma dieta com gramínea (KAMMES, ALLEN, 2012).

West (1997) sugere, que dietas contendo alfafa podem levar a maior CMS por 100 kg de peso corporal e produção de leite, em relação a dietas contendo a mesma concentração de Tifton. Por outro lado, a inclusão de até 12,5% de Tifton 85 na dieta (% MS) não traria prejuízos em consumo e desempenho na lactação em dietas com mesmas concentrações de FDN (BERNARD *et al.*, 2010). Assim, apesar da alfafa ser uma forrageira de excelente valor nutricional e ter potencial de promover maior CMS que Tifton, inclusões baixas (<12,5% da dieta na MS) e iso-FDN parecem não ter prejuízos em relação a dietas de alfafa. Dessa forma, o uso de Tifton pode ser mais viável no Brasil tropical, por ser uma cultura mais adaptada ao calor e ao regime hídrico mais estável.

2.2 Tamanho de partícula

O tamanho de partícula da forragem tem potencial para afetar o CMS e o desempenho de vacas leiteiras, mas seus efeitos são modulados pela inclusão de forragem, fonte, e método de preservação (NASROLLAHI *et al.*, 2015).

Dietas com alta inclusão de forragem podem impedir vacas de alta produção de adquirirem suas necessidades energéticas devido a limitação física do consumo (ALLEN, 2000). Dessa forma, processar as forragens é uma alternativa para aumentar o CMS (KONONOFF *et al.*, 2003). A redução do tamanho de partículas também auxilia na redução de seleção de partículas ao tornar as partículas mais homogêneas, garantindo que as vacas consumam os nutrientes esperados pela dieta formulada (DEVRIES *et al.*, 2008). Contudo, o tamanho de partícula é necessário para promover secreção de saliva durante a ruminação e motilidade ruminal e reticuloruminal, promovendo saúde do rúmen (MERTENS, 1997).

Reduzir o tamanho de partícula não tem influência em consumo de nutrientes em vacas alimentadas com silagem como fonte de forragem (NASROLLAHI *et al.*, 2015). Entretanto, a digestibilidade da MS pode aumentar com redução do tamanho de partículas da forragem em dietas a base de alfafa, grama e aveia, mas não muda em dietas com

silagem de milho (NASROLLAHI *et al.*, 2015). A digestibilidade da MO, por sua vez, tende a aumentar com a diminuição do tamanho de partículas em dietas com alta inclusão de forragem (>50%) (NASROLLAHI *et al.*, 2015). A digestibilidade da MS aumenta com a diminuição do tamanho de partículas em dietas à base de forragem sem milho, mas não em dietas à base de forragem de milho (NASROLLAHI *et al.*, 2015), uma vez que a alimentação com forragem curta pode melhorar a cinética de degradação da fibra, aumentando a área de superfície disponível para degradação microbiana (TAF AJ *et al.*, 2007). Contudo, a digestibilidade pode não ser aumentada em dietas de baixo tamanho de partícula da forragem, pois este efeito é equilibrado pelo menor tempo de retenção ruminal associado a menor tamanho de partículas (TAF AJ *et al.*, 2007).

A meta-análise de Nasrollahi (2015) ainda indica melhora da produção de leite e produção de proteína do leite com redução do tamanho de partícula da forragem. Entretanto, o percentual de gordura do leite diminuiu em resposta à redução do tamanho de partícula na dieta. A produção de lactose, por sua vez, pode aumentar com redução do tamanho de partícula (ALAMOUTI *et al.*, 2008), provavelmente devido à maior disponibilidade de propionato para síntese de lactose na glândula mamária. O mesmo foi encontrado em vacas alimentadas com forragem curta que obtiveram aumento na digestibilidade da matéria seca (KONONOFF *et al.*, 2003).

Por fim, o processamento da silagem de forma a reduzir o tamanho de partículas é uma ferramenta interessante para redução de seleção de partículas e aumento de digestibilidade, podendo levar a melhores respostas em produção de leite. Porém um contraponto seria a falta de material com tamanho de partícula capaz de promover ruminação, motilidade e salivação, levando a redução do teor de gordura do leite. Isso leva à conclusão de que há um ponto de equilíbrio no tamanho de partícula adequado que promova bom desempenho, sem prejuízos em composição do leite.

2.3 Fibra fisicamente efetiva (peFDN)

A fibra fisicamente efetiva (peFDN) é uma fração da FDN que estimula mastigação e contribui para formação do mat ruminal, relacionada às partículas grandes fluando sobre a fase líquida e as partículas menores presentes no rúmen (MERTENS, 1997). A efetividade da fibra pode afetar fermentação ruminal e metabolismo animal, impactando a produção de leite (MERTENS, 1997). A FDN efetiva (eFDN), por sua vez, consiste na habilidade do alimento de substituir volumosos em uma dieta de forma a não

reduzir teor de gordura no leite (MERTENS, 1997) e é um bom indicativo do potencial de ruminção do alimento (BEAUCHEMIN, YANG, 2005).

Mertens (1997) considerou que as partículas peneiradas acima de 1,18 tinham efetividade física. Contudo, Lammers, Buckmaster e Heirichs (1996) defenderam que as partículas retidas acima de 19 mm e 8 mm são promotoras de efetividade física. A metodologia de mensuração de partículas utilizada atualmente é o uso do separador de partículas da Penn State (SPPS). A partir dele, é possível separar a proporção de partículas acima de 19 mm, entre 19 e 8 mm e abaixo de 8 mm. (LAMMERS *et al.*, 1996). Entre os vários métodos usados para medir a efetividade física da fibra, o SPPS original com 2 peneiras forneceu uma melhor descrição da variação na efetividade física da dieta e o potencial da dieta de promover a mastigação e prevenir a acidose ruminal (BEAUCHEMIN, YANG, 2005). Assim, multiplica-se a FDN da dieta pela matéria seca retida nas peneiras de 19 mm e 8 mm para estimar a peFDN (WHITE *et al.*, 2017). Assume-se, portanto, que a FDN é uniformemente distribuída entre as peneiras (Zebeli *et al.*, 2012)

Vacas altamente produtivas requerem maior atenção para manter equilíbrio entre densidade energética das dietas e peFDN de forma a não prejudicar produção de leite e saúde ruminal. A falha nesse balanço poderia desencadear acidose ruminal subaguda (SARA) (ZEBELI *et al.*, 2012). O fornecimento de forragens com tamanho de partículas curtos para vacas leiteiras tem sido consistentemente relacionado a alto risco de SARA. Entretanto, a revisão de Zebeli (2012) indica que redução moderada de tamanho de partícula pode ser útil em promover maior degradação ruminal da fibra e melhor uniformidade da dieta, reduzindo seleção de partículas e risco de SARA, por distribuir melhor a ingestão de peFDN ao longo do dia. Contudo, oferecer dietas com peFDN > 8 mm excessivo pode levar a redução de CMS (ZEBELI *et al.*, 2012). Segundo Zebeli (2010), cerca de 30 a 32% de peFDN > 1.18 mm é suficiente para manter um pH ruminal médio diário de 6,2, reduzindo o risco de SARA e prevenindo a depressão da gordura do leite sem exercer quaisquer efeitos negativos sobre o CMS e o produção de leite.

Como recomendação, dietas entre 14,9 e 18,5% de peFDN > 8 mm, aproximadamente, são potencialmente limitadas em peFDN, mas, devido ao menor consumo de ração (<23,5 kg de MS/d), essas vacas estão em um menor risco de SARA do que vacas com menor peFDN > 8 mm. No entanto, a fermentabilidade dos grãos ainda é importante nesses dietas (ZEBELI *et al.*, 2012). Contudo, dietas com maiores teores de amido demandam mais partículas acima de 8 mm (WHITE *et al.*, 2017b). A porcentagem

recomendada retida na peneira de 8 mm também pode ser influenciada pela proporção de material na peneira de 19 mm e pela fragilidade da fibra, indicada pela relação entre FDA e FDN (WHITE *et al.*, 2017b).

As diferentes formas de avaliação da peFDN levam a uma dificuldade de padronização em recomendação de seu uso nas dietas, apesar de Zebeli (2012) ter descrito a peFDN > 8 mm com melhor relação com consumo e ruminação. Um outro ponto a se questionar é a uniformidade da FDN nas peneiras, uma vez que os maiores tamanhos de partícula possuem maiores teores de FDN na MS que as partículas menores, constituídas por maior proporção de concentrados (WHITE *et al.*, 2017a). Assim, é introduzido um conceito de FDN fisicamente ajustado (paFDN) (WHITE *et al.*, 2017a).

A digestibilidade no trato total, especialmente para a digestão da fibra, pode aumentar com o aumento da ingestão de peFDN, indicando que o aumento da ingestão de peFDN pode aumentar a digestão da fibra por melhorar a função ruminal e a digestão da fibra intestinal (YANG, BEAUCHEMIN, 2005). Além disso, o aumento da ingestão de peFDN pode melhorar a síntese microbiana no rúmen devido ao aumento da quantidade de MO fermentada no rúmen (YANG, BEAUCHEMIN, 2005).

A efetividade da FDN tem grande importância para manutenção da função ruminal, promovendo ruminação, motilidade e bom pH. Contudo, não há um padrão sobre qual metodologia usar, sendo que as metodologias de FDN uniforme nos materiais de tamanhos de partículas diferentes da dieta subestima a peFDN em relação a análise de FDN em cada peneira individualmente. Por fim, deve ser estabelecido um equilíbrio entre peFDN e amido fermentável de forma a obter uma dieta segura e que promova bom desempenho na lactação.

2.4 Comportamento ingestivo e seleção de partículas

O comportamento ingestivo pode afetar o CMS, a produção e composição do leite. Os fatores associados a melhoria desses pontos são tempo de ruminação, frequência de refeições e tempo de alimentação (JOHNSTON, DEVRIES, 2018). Sugere-se que sejam adotados aspectos de nutrição, manejo e conforto que possibilitem maior tempo ingerindo, em refeições mais frequentes e maior tempo de ruminação para obter bons efeitos em produção e composição do leite (JOHNSTON, DEVRIES, 2018).

Aumentando a FDN dietética também pode aumentar mastigação, incluindo o número de mastigações, e tempo de alimentação e ruminação de vacas leiteiras

(BEAUCHEMIN, YANG, 2005). No entanto, o aumento da atividade mastigatória pode não melhorar pH ruminal ou diminuir a incidência de acidose subclínica em vacas alimentadas com baixo teor de fibra. Assim, além da peFDN para aumentar ruminação, salivação e capacidade de tamponamento, a fermentação dos concentrados é fundamental na regulação do pH ruminal (BEAUCHEMIN, YANG, 2005).

Além do tamanho, a seleção de partículas também é capaz de afetar o desempenho animal. Vacas alimentadas com feno de trigo com maior tamanho de partícula (5,08 mm) na dieta e que apresentaram alto risco de seleção haviam selecionado contra as partículas longas das dietas, correspondendo a menor tempo de ruminação e menor teor de gordura no leite (COON *et al.*, 2019). As vacas alto risco alimentadas com feno em partículas curtas (2,54 mm), por sua vez, selecionaram a favor de partículas médias, evitando partículas finas. Aparentemente elas estariam regulando suas necessidades de peFDN através da seleção de partículas (COON *et al.*, 2019). Animais que apresentaram alto risco de acidose também apresentaram menor teor de gordura no leite, resultado pelo baixo pH do retículo-rúmen (COON *et al.*, 2019).

Vacas alimentadas com dietas com menos forragem (50,7%) podem exibir maior seleção a favor de partículas curtas e contra partículas longas. Além disso, podem reduzir o tempo de alimentação e o CMS, o que leva a um aumento na taxa de alimentação (DEVRIES *et al.*, 2007). Isso sugere que uma dieta de baixa forragem pode aumentar o risco das vacas desenvolverem acidose subaguda. Medidas como reduzir competição no cocho e aumentar frequência de oferta de dieta devem ser consideradas para uma dieta de baixa forragem para reduzir seleção de partículas e variação na composição da TMR que cada animal tem acesso (DEVRIES *et al.*, 2007).

Apesar de aparentemente as vacas terem capacidade de regular suas necessidades de fibra pela seleção de partículas, é necessário fornecer uma dieta equilibrada em carboidratos fermentáveis e fibra efetiva. Como essa dinâmica afeta no comportamento animal, avaliar ruminação, tempo de alimentação e frequência de refeições podem ser bons fatores de avaliação da dieta fornecida na fazenda, possibilitando ao nutricionista verificar se houve mudanças no manejo nutricional ou se a dieta formulada está promovendo bons comportamentos, que levem a um bom desempenho do animal. Uma forma de avaliar nas fazendas seria com auxílio de sensores de monitoramento contadores de ruminação.

3 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

O estágio se iniciou em 16 de maio e terminou em 5 de agosto de 2022, sendo realizado na Fazenda São Francisco, na cidade de Ijaci-MG. A fazenda produzia aproximadamente 1700 litros de leite por dia, com um rebanho médio de 57 vacas em lactação, da raça Holandês.

O *Tie Stall* da fazenda tem capacidade para 42 vacas, onde alojava as vacas de maior produção e em período de transição. Nesse sistema as vacas ficam presas na cama, que são camas fundas preenchidas com areia. Os animais têm acesso a alimento e água durante todo o dia. O manejo de limpeza e manutenção das camas era feito três vezes ao dia. Ela era repostada duas a três vezes por semana, a depender da necessidade de reposição. Há ventiladores e aspersores de alta pressão sobre as vacas.

Figura 1 - Tie-stall aberto alojando vacas de maior produção em consumo individual.



Fonte: Do autor (2022).

As vacas de menor produção são alojadas em *free stall* de madeira com 10 camas de areia com acesso a piquete para descanso. A dieta era fornecida no cocho dentro da instalação onde há aspersores de baixa pressão na linha de cocho.

O diagnóstico de gestação era feito por palpação transretal semanalmente por profissional capacitado. Os animais não prenhes eram submetidos a protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF).

Os animais eram ordenhados três vezes ao dia, às 5:00, 13:00 e 19:30. Eram conduzidos em grupos, afim de não ficar muito tempo esperando para serem ordenhados. A ordenha é uma espinha de peixe linha alta, duplo três. Na sala de espera os animais eram banhados com mangueira antes de cada ordenha, de forma a reduzir estresse

térmico. Adotava-se 2 pré-dipping, um clorado antes da retirada dos primeiros jatos de leite e outro iodado após, e por fim os tetos eram secos com papel toalha. O pós-dipping era a base de iodo e glicerina. Caso o animal apresentasse alterações de cor ou consistência nos primeiros jatos do leite descartados em piso preto emborrachado, uma amostra do teto afetado era coletada de forma a fazer cultura microbiológica em placa (OnFarm™). Assim era possível identificar o agente e entrar com tratamento adequado, caso fosse necessário. Todo o leite dos animais era armazenado em tanques de resfriamento.

Figura 2 - Ordenha espinha de peixe.



Fonte: Do autor (2022).

As bezerras ao nascer eram separadas das mães e levadas ao bezerreiro, onde eram submetidas à cura de umbigo com iodo a 10% e recebiam colostro em mamadeira. O bezerreiro é de madeira individualizado, suspenso do solo. Havia cama de capim seco sobre estrado, a qual era limpa diariamente. O aleitamento adotado era de 6 litros por animal em 3 mamadas, fornecidos em balde. A água e o concentrado ficavam disponíveis desde os primeiros dias de vida *ad libitum*. Ao aproximar da data de desmama, a quantidade de leite e a frequência de mamada eram reduzidas. As bezerras eram monitoradas diariamente caso apresentassem alguma alteração de comportamento eram avaliadas e se necessário realizava-se tratamento.

Figura 3 - Bezerreiro individual.



Fonte: Do autor (2022).

As novilhas da fazenda ficam alojadas em *free stall* com acesso a piquetes de descanso. Esse galpão era dividido em três lotes, sendo o agrupamento por idade. Todos os animais tinham acesso a alimento no cocho variando os concentrados em cada lote. A dieta era fornecida uma vez ao dia. O manejo de limpeza e manutenção das camas era feito duas vezes ao dia. Realizava-se manejo reprodutivo quinzenal e sanitário frequentemente de acordo com calendário vacinal e necessidade de controle de ectoparasitas. Todos os animais eram conduzidos a passar em pedilúvio, um reservatório com solução desinfetante (Formol), três vezes por semana.

Figura 4 - Free stall destinado às novilhas.



Fonte: Do autor (2022).

A fazenda produzia silagem de milho e silagem de sorgo, sendo a silagem de sorgo destinada às novilhas. A silagem era estocada em silos trincheiras com fundo concretado. Realizava-se limpeza dos silos diariamente, retirando parte deteriorada e levando para áreas de lavoura junto com todo o dejetos da fazenda.

O objetivo principal do estágio era acompanhamento de dois grupos de vacas alimentadas com silagens de Tifton ou alfafa como fonte de fibra fisicamente efetiva.

4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A temperatura e a umidade do ambiente foram medidas no centro da instalação em intervalos de 30 min (EasyLog-USB-2-LCD. Lascar Electronics, Salisbury, Reino Unido) a 2,5 m do chão. O Índice de Temperatura-Umididade (ITU) foi calculado de acordo com Yousef (1985) $ITU = T + 0,36 \times DP + 41,2$, onde T = temperatura (° C) e DP = ponto de orvalho (° C).

Dezoito vacas Holandesas ($34,8 \pm 5,1$ kg/d, 124 ± 89 dias em lactação) formaram 9 blocos homogêneos de 2 vacas por paridade (1 vs >1 partos), produção de leite e peso

vivo. As vacas foram alocadas dentro de bloco a uma sequência de 2 tratamentos, em delineamento de reversão simples, com 2 períodos de 21 dias e mensuração da resposta aos tratamentos na 3ª semana de cada período experimental.

Os cultivares de Tifton 85 e Alfafa var. crioula irrigados utilizados na alimentação dos animais tiveram solo corrigido com calcário e adubado com esterco de galinha (10 ton/ha/ano) e cloreto de potássio (800 kg/ha/ano). A colheita do Tifton foi feita em estágio vegetativo de maturidade de início de engrossamento do talo, apresentando 45 a 50 cm de altura. A alfafa se apresentava no início da floração e com 60 cm de altura. As forragens apresentavam 40 dias quando feito último corte. A colheita foi realizada com segadora Kuhn GMD 310 e colhedora autopropelida Claas Jaguar 850, com regulagem de corte de 23 mm e altura de corte 8 a 10 cm. As plantas foram armazenadas em bolas por meio de compactadora Orkel e vedadas com filme agrícola 750 mm com 7 camadas. No processo de ensilagem, foram utilizados inoculante (Kerasil™) e ácidos propiônico, benzoico e acético (FreshCUT™).

As vacas foram alimentadas 1 x/dia com dieta completa (Total Mixed Ration, TMR) às 07:00 em quantidades para permitir 7 a 10 % de sobra diária por vaca. A mistura era realizada em vagão Casale™ estacionário. As dietas experimentais objetivaram conter o mesmo teor de PB e de FDN oriundo de forragens. A dieta foi empurrada pelo menos 10 x/d. O consumo individual foi registrado pela quantidade da dieta oferecida e sobras diárias (% matéria natural) dos dias 15 a 21 de cada período. Amostras de ingredientes e sobras foram obtidas diariamente e congeladas para a formação de composta semanal dos dias 15 a 21 de cada período. As amostras compostas foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 h e moídas em peneira de malha de 1 mm (Wiley, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ). O teor de matéria seca (MS) foi determinado por secagem a 105 °C durante 24 h e as cinzas por incineração a 550°C por 6 h. A composição das forragens foi por espectroscopia de infravermelho curto (NIRS. 3rLab/Rock River, Lavras, Brasil). O teor de fibra (FDN) >19 mm, entre 19 mm e 8 mm e das fezes foi analisado segundo a “Filter Bag Technique” da Ankom (FBT) (ANKOM, 2010) com amilase e sulfato de sódio. A distribuição de partículas da dieta total foi mensurada com o separador de partículas da Penn State (LAMMERS *et al.*, 1996). A composição da dieta consumida em nutrientes está reportada na tabela 1 e a composição das forragens na tabela 2.

Tabela 1 - Composição das dietas em ingredientes, nutrientes, distribuição de partículas e pH da dieta oferecida e das sobras nos tratamentos Alfafa e Tifton¹.

	Tratamentos	
	Alfafa	Tifton
Ingredientes, % da MS		
Silagem de milho (28,9% MS)	33,1	33,2
Silagem de alfafa (39,7% MS)	15,8	
Silagem de Tifton (55,2% MS)		10,4
Silagem de milho grão (61,7% MS)	20,0	20,2
Polpa cítrica	11,8	13,7
Farelo de soja	16,2	19,5
Premix ²	3,0	3,0
Nutrientes, % da MS		
Proteína bruta	16,7	16,9
Fibra em detergente neutro (FDN)	29,1	30,1
FDN de forragens	22,4	22,4
FDN de alfafa	6,1	
FDN de Tifton		6,4
uFDN _{240h} ³	10,3	8,8
peFDN _{>19mm} ⁴	5,9	5,0
peFDN _{>8mm} ⁵	18,2	19,2
Amido	24,4	23,8
Matéria seca, % da MN	45,5	48,7
Partículas % da MN		
>19 mm ⁶	14,2 ± 1,4	11,7 ± 2,4
8-19 mm	38,3 ± 1,9	37,2 ± 1,2
<8 mm	47,5 ± 2,0	51,0 ± 2,5
% da MS		
>19 mm ⁷	12,4 ± 1,3	10,7 ± 2,2
8-19 mm	36,4 ± 1,8	35,1 ± 1,1
<8 mm	51,2 ± 2,0	54,2 ± 2,5
pH oferecido ⁸	5,24 ± 0,05	5,26 ± 0,08
pH sobras ⁸	5,38 ± 0,03	5,44 ± 0,06

¹Composição das forragens por espectroscopia de infravermelho curto (NIRS. 3rLab/Rock River, Lavras, Brasil), exceto teor de matéria seca por secagem a 65°C e posteriormente a 100°C.

²16,7% calcário calcítico, 33,3% bicarbonato de sódio, 13,3% óxido de magnésio, 8,3% NaCl, 3,4% levedura autolisada, e 25,0% minerais e vitaminas (23,8% Ca, 16,9% P, 1,85% Mg, 2,27% S, 100 ppm Co, 1230 ppm Cu, 3080 ppm Mn, 7323 ppm Zn, 50,4 ppm Se, 124 ppm I, 615385 UI/kg Vit.A, 153600 UI/kg Vit.D; 3825 UI/kg Vit.E).

³FDN não-digerido em 240 h de incubação ruminal.

⁴FDN fisicamente efetivo > 19 mm.

⁵FDN fisicamente efetivo > 8 mm.

⁶Separador de partículas da *Penn State*. Média e desvio padrão de treze amostras por tratamento por período.

⁷Matéria seca por secagem a 65°C.

⁸Média e desvio padrão de 9 amostras.

Tabela 2 - Composição das forragens nos períodos experimentais¹

Forragem Período do experimento	Alfafa		Tifton		Silagem de milho	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Matéria seca, ² % da MN	37,3	42,0	53,3	57,1	29,3	28,6
% da MS						
Proteína bruta, PB	18,3	19,2	13,4	12,6	7,6	9,3
Extrato etéreo	2,6	2,7	2,0	1,8	2,0	2,9
Fibra em detergente neutro, FDN	39,2	37,9	60,2	62,1	54,6	42,6
FDN _{mo} ³	36,6	34,7	57,6	58,9	52,5	41,1
uFDN _{240h} ⁴	21,1	19,8	17,3	19,8	17,8	12,8
Fibra em detergente ácido, FDA	33,3	31,7	38,6	39,4	35,8	27,8
Lignina	7,7	7,4	6,2	6,7	6,2	4,9
Cinzas	10,2	9,6	10,0	9,5	5,1	4,6
Amido	2,4	2,6	0,6	1,2	16,0	29,1
Carboidratos não-fibrosos	30,3	31,3	15,9	15,2	30,9	41,5
NDT predito ⁵	58,7	60,3	50,9	49,6	60,6	65,5
% da PB						
PB solúvel	55,3	55,7	41,7	42,1	71,1	59,0
NIDA ⁶	3,3	3,1	3,9	4,5	7,4	6,8
% da FDN						
dFDN _{48h} ⁷	44,3	45,4	61,8	60,3	43,1	51,9
uFDN _{240h}	53,8	52,2	28,7	31,9	32,5	30,1
Lignina	19,7	19,6	10,3	10,8	11,4	11,5
TTNDFD ⁸	31,7	32,3	48,2	47,8	37,7	37,2
kd da FDN B, ⁹ %/h	6,08	5,91	5,90	6,31	4,21	3,95
FDA/FDN	0,85	0,84	0,64	0,63	0,66	0,65
pH	4,45	4,49	4,79	4,82	4,19	4,24
Ácido láctico	5,47	5,11	2,73	2,54	3,14	2,50
Ácido acético	1,74	1,75	0,56	0,76	1,90	0,95
Ácido butírico	0,30	0,39	0,13	0,16	ND	ND

¹Espectroscopia de infravermelho curto (NIRS. 3rLab/Rock River, Lavras, Brasil).

²Teor de matéria seca (pré-secagem 55oC e posterior 100oC).

³FDN livre de cinzas.

⁴FDN não-digerido em 240 h de incubação ruminal.

⁵Nutrientes digestíveis totais (NRC, 2001).

⁶Nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

⁷Degradabilidade ruminal in vitro da FDN total em 48 horas.

⁸Total Tract NDF Digestibility (US Patent 8.501.493).

⁹Taxa fracional de degradação ruminal da FDN.

As vacas foram ordenhadas 3 x/d às 05:00, 13:00 e 19:30 h. A produção de leite foi mensurada dos dias 15 a 21 do período experimental. As amostras de leite foram coletadas nos dias 17 a 21 do período experimental na proporção da quantidade produzida em cada ordenha. As amostras foram armazenadas em frascos contendo 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol e foram mantidas sob refrigeração até serem enviados para um laboratório comercial (Laboratório Centralizado da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa, APCBRH, Curitiba, Brasil). A concentração de sólidos de leite, o perfil de ácidos graxos na gordura do leite e contagem de células somáticas foram analisadas pelo método infravermelho (Bentley Instruments Inc., Chaska, MN). A secreção de energia do leite (Leite E; Mcal/d) foi (NRC, 2001): [(0,0929 x % de gordura) + (0,0547

x % de proteína) + (0,0395 x % de lactose)] x kg de leite. A secreção de energia no leite (kg/d) foi: Leite E/0,70 (assumindo 0,70 Mcal/kg de leite com 3,7 % de gordura, 3,2 % de proteína e 4,6 % de lactose). O leite corrigido para 4 % de gordura (kg/d) foi calculado com a equação de Gaines (NRC, 2001): $0,4 \times \text{kg de leite} + 15 \times \text{kg de gordura}$. O peso vido (PV) dos animais foi obtido nos dias 15, 18 e 21 de cada período experimental e o ECC foi mensurado no dia 21. O PV foi mensurado após a ordenha matinal e o ECC (1 a 5) foi realizada por três avaliadores (WILDMAN *et al.*, 1982).

Nos dias 19 a 21, as excreções fecal e urinária foram avaliadas em três períodos de coleta, com intervalos de 8 h, e iniciando 8 h de atraso em cada dia, para representar uma coleta 24 horas. As fezes e a urina foram coletadas em baldes simultaneamente à excreção. Amostras fecais foram imediatamente pesadas e sub-amostras (2% de defecação) foram congelados durante todo o período de coleta. As amostras de fezes foram desidratadas durante 72 h a 55 °C em estufa de ventilação forçada. As concentrações de MS, cinzas e FDN foram determinadas como descrito anteriormente. A digestibilidade aparente do trato digestivo total da MS, matéria orgânica (MO), FDN e MO não-FDN foi calculada. Compostas de urina foram formadas por amostras (3% de micção) e mantidas sob refrigeração durante todo o período de coleta. A composta de cada vaca em cada período foi misturada com ácido sulfúrico a 4% (1:5) e congelada para determinação de alantoína.

A viscosidade fecal foi determinada nas mesmas amostras utilizadas para a determinação da digestibilidade da dieta. A viscosidade foi mensurada de acordo com uma adaptação da metodologia de Cannon *et al.* (2010). Amostras de 100 g de fezes frescas foram diluídas em 120 mL de água destilada. A solução foi homogeneizada com uma espátula metálica durante 30 s e filtrada através de uma peneira. A viscosidade da solução foi medida com um viscosímetro rotacional (modelo DV-E. Brookfield Engineering Laboratories, Middleboro, MA) a 100 rpm à temperatura ambiente.

A atividade de mastigatória foi avaliada no dia 18 de cada período experimental. As atividades bucais (ingestão de alimentos, ingestão de água, ruminação e ócio) foram registradas em intervalos de 5 min durante 24 h. A ingestão e ruminação por unidade de CMS foram calculadas utilizando a ingestão do dia em que a atividade de mastigação foi avaliada. Observações de alimentação individuais foram combinadas e separadas em refeições usando um critério de refeição (ou seja, a duração mínima do tempo entre as refeições) calculado para cada vaca. Os critérios de refeição foram calculados para cada

vaca usando métodos descritos por DeVries et al. (2003). Em resumo, um pacote de software (MIX 3.1.3; MacDonald e Green, 1988) foi usado para distribuições normais para a frequência de intervalos de tempo transformados em \log_{10} entre registros de ingestão observador. Se o intervalo de tempo entre 2 observações registradas de alimentação excedeu o critério de refeição determinado, esta foi classificada como uma refeição diferente. O número de diferentes refeições em um dia foi denominado frequência de refeições (refeições/d). O tempo total de refeição (min/d) foi o tempo total de alimentação (observações de alimentação/d \times 5 min), mais todos os intervalos sem alimentação mais curtos do que a duração do critério de refeição de cada vaca. A duração da refeição (min/refeição) foi calculada como o tempo total de refeição diária dividido pela frequência das refeições. Por fim, o tamanho da refeição foi a razão entre o CMS diário (kg/d) e as refeições/d. A duração e o tempo pós-alimentação da maior refeição diária foi calculada. A duração da primeira refeição diária foi medida com um cronômetro. Dois avaliadores observaram o comportamento de todas as vacas, individualmente, após a oferta de ração às 07:00 h até a última vaca terminar sua primeira refeição. A contagem de ruminações por bolo ruminado foi feita visualmente por um avaliados por contagem de mastigações realizadas após a regurgitação do bolo até deglutição.

A proporção do consumo diário de manhã (07:00 a 12:30 h), a tarde (12:30 a 18:00 h) e a noite (18:00 a 05:00 h) foi determinada medindo a disponibilidade de alimento às 07:00, 12:30, e 18:00 h e sobras às 12:30, 18:00 e 05:00 h. O comportamento de seleção de partículas foi avaliado de acordo com Leonardi e Armentano (2003). A proporção de partículas acima da peneira de 19 mm e acima e abaixo da peneira de 8 mm do Separador de Partículas Penn State (LAMMERS *et al.*, 1996) foi avaliado às 07:00 e 12:30 h para a dieta oferecida e às 12:30, 18:00 e 05:00 h para sobras. O consumo predito (base na matéria natural) de partículas em cada peneira foi: % de dieta retida na peneira \times kg de dieta consumida. O consumo observado de partículas foi: % de dieta retida na peneira \times kg de dieta oferecida - % de sobra retida na peneira \times kg de sobra. Os valores de seleção abaixo de 100 % representam rejeição, acima de 100 % representam preferência e igual a 100% representam ausência de seleção. As variáveis relacionadas ao comportamento ingestivo foram avaliadas no dia 18. No dia 19 do segundo período, amostras da dieta e das sobras de cada vaca foram coletadas para determinação de pH. Vinte gramas de amostras foram diluídas em 180 mL de água destilada e homogeneizadas por 2 minutos. O pH do extrato foi medido três vezes consecutivas com um medidor de pH (Phmetro Digimed DM 20. Digicrom Analítica, São Paulo, Brasil).

Foram obtidas amostras de sangue dos vasos coccígeos para a análise de nitrogênio ureico no plasma (Ureia 500. Doles Reagentes para Laboratórios, Goiânia, Brasil) no dia 19 do período experimental duas horas depois de cada ordenha (09:00, 16:00 e 2200 h) em tubos de vacutainer contendo EDTA.

5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS com o modelo: $Y_{ijk} = \mu + V_i + P_j + T_k + e_{ijk}$. Onde: μ = média geral, V_i = efeito aleatório de vaca ($i = 1$ a 18), T_j = efeito fixo de período ($j = 1$ e 2), T_k = efeito fixo de tratamento ($k =$ Alfafa, Tifton), e_{ijk} = erro residual. Variáveis mensuradas múltiplas vezes em cada período geraram um valor médio por vaca por período para análise estatística.

6 RESULTADOS

A substituição em mesmo teor de MS de alfafa por Tifton pode promover menores CMS em % do PV e produção de leite (WEST *et al.*, 1997). As dietas oferecidas foram formuladas de forma a promover mesma proporção de FDN de forragem (%MS), para avaliar a substituição da fibra de alfafa pela de Tifton, com inclusão de 10,4% de silagem de Tifton 85, dentro da faixa estabelecida por Bernard (2010) e Castro (2010) de que até 12,5% ou 10% de Tifton 85 podem ser incluídos na dieta sem prejuízos em relação a alfafa ou silagem de milho, respectivamente. Não houve efeito da fonte de forragem ($P \geq 0,16$) na produção de leite, eficiências de produção, composição, secreção e perfil de ácidos graxos, PV e ECC (Tabelas 3 e 4). Observa-se também que os consumos de MS e FNDF não diferiram ($P \geq 0,23$).

A fragilidade da fibra, expressa em FDA/FDN pelo NASEM (2021), também seria um fator que poderia levar ao maior CMS em ALF, uma vez que ALF apresentou 0,845 e TIF 0,635 (Tabela 2). Apesar dessa medida ser usada por se conhecer a maior fragilidade em relação a gramíneas. Contudo, a digestibilidade da silagem de Tifton foi boa, sendo um fator que também afeta em tempo de retenção no rúmen e capacidade de limitação física.

A dieta com alfafa resultou em um maior consumo de uFDN, uma vez que alfafa tem maior teor de uFDN que Tifton, afetando o teor de FDN indigestível da dieta total. Contudo, um possível aumento na taxa de redução de uFDN para partículas pequenas e na taxa de passagem de FDN potencialmente digestível e uFDN curtos em dieta de alfafa comparada com gramínea pode ter ocorrido (KAMMES, ALLEN, 2012). Assim, apesar da maior ingestão, o tempo de retenção dessa fibra no rúmen seria menor, não sendo um limitante físico para CMS e mantendo-o semelhante em ALF e TIF.

ALF também diminuiu a ingestão de peFDN >8 mm e aumentou consumo de peFDN >19 mm como proporção do PV ($P < 0,01$). Assim, apresentou maior consumo de peFDN >19 mm e menor de peFDN >8 mm ($P < 0,01$). Além disso, as dietas apresentaram peFDN >8 mm de 18,2% (ALF) e 19,2% (TIF), indicando que há peFDN suficiente para manutenção de ruminação, motilidade e salivação, de forma a manter o pH ruminal. Porém TIF já poderia estar causando uma limitação física por ter ultrapassado o limiar de 18,5% estabelecido por Zebeli (2012). Entretanto, o cálculo feito por Zebeli (2012) leva

em consideração uniformidade de FDN nas peneiras, subestimando os valores de peFDN >8 mm. Esse teor elevado de TIF, portanto, poderia ser um valor adequado, uma vez que não há indícios de limitação física de consumo. Outro ponto a se considerar é que a seleção contra partículas longas foi mais intensa em TIF, representando menor consumo real de peFDN >8 mm que o estimado (Tabela 7).

Tabela 3 - Consumo, desempenho na lactação, contagem de células somáticas (CCS) e N-uréico no leite (NUL), eficiência alimentar, escore de condição corporal (ECC) e peso vivo (PV) nos tratamentos Alfafa e Tifton¹.

	Tratamentos		EPM ²	Valor-P
	Alfafa	Tifton		
Consumo, % do PV				
MS ³	3,7	3,7	0,09	0,31
FDN ³	1,08	1,11	0,025	0,07
FDNF ³	0,83	0,83	0,019	0,74
uFDN _{240h} ³	0,38	0,33	0,008	<0,01
peFDN _{>19mm} ³	0,22	0,18	0,005	<0,01
peFDN _{>8mm} ³	0,68	0,71	0,016	<0,01
Consumo, kg/d				
MS ³	23,9	23,6	0,74	0,23
FDN ³	7,0	7,1	0,22	0,13
FDNF ³	5,4	5,3	0,17	0,67
uFDN _{240h} ³	2,5	2,1	0,07	<0,01
peFDN _{>19mm} ³	1,4	1,2	0,04	<0,01
peFDN _{>8mm} ³	4,4	4,5	0,14	<0,01
MOD ³	15,3	15,6	0,42	0,50
Desempenho kg/d				
Leite	32,7	32,5	1,13	0,47
LCE ⁴	32,2	32,0	1,04	0,56
LCG 4% ⁵	30,3	30,1	0,10	0,49
Gordura	1,18	1,16	0,042	0,53
Proteína	1,07	1,05	0,036	0,16
Caseína	0,85	0,84	0,029	0,55
Lactose	1,54	1,52	0,058	0,25
Sólidos totais	4,05	4,01	0,135	0,49
% do leite				
Gordura	3,57	3,63	0,082	0,32
Proteína	3,24	3,28	0,054	0,17
Caseína	2,59	2,62	0,046	0,18
Lactose	4,71	4,70	0,043	0,45
Sólidos totais	12,36	12,42	0,119	0,35
CCS linear, ⁶ 0 a 9	1,1	1,0	0,29	0,83
NUL, mg/dL	13,1	14,6	0,42	<0,01
Leite/CMS	1,37	1,38	0,03	0,37
LCE/CMS	1,35	1,36	0,03	0,30
LCE/CMOD ⁷	2,0	1,9	0,05	0,25

ECC, 1 a 5 ⁸	3,3	3,3	0,14	0,68
PV, kg ⁹	646	643	17,9	0,31

¹Consumo e leite = dias 15 a 21 do período. Componentes do leite = dias 17 a 21 do período.

²Erro padrão das médias.

³MS = Matéria seca. FDN = Fibra em detergente neutro. uFDN240h = FDN não-digerido em 240 h de incubação ruminal. peFDN>19 mm = FDN fisicamente efetivo >19 mm. peFDN> 8mm = FDN fisicamente efetivo >8 mm. MOD = matéria orgânica digestível.

⁴Leite corrigido para energia (3.7% gordura, 3.2% proteína, 4.6% lactose).

⁵Leite corrigido para 4% de gordura.

⁶Equivalência da contagem de células somáticas (CCS) linear: 1,1 = 26.800 células/mL e 1,0 = 25.000 células/mL.

⁷LCE/Consumo de matéria orgânica digestível.

⁸Dia 21 do período.

⁹Dias 15, 18 e 21 do período.

Tabela 4 - Secreção e perfil de ácidos graxos (AG) da gordura do leite nos tratamentos Alfafa e Tifton.

	Tratamentos		EPM ¹	Valor-P
	Alfafa	Tifton		
g/100 g de leite				
Pré-formados ²	1,45	1,47	0,028	0,23
Mistos ³	1,56	1,59	0,035	0,16
De novo ⁴	0,81	0,82	0,022	0,42
Monoinsaturados	0,59	0,61	0,024	0,16
Poliinsaturados	0,05	0,06	0,006	0,26
Saturados	2,99	2,99	0,066	0,88
Insaturados	0,61	0,63	0,031	0,18
Palmítico	1,72	1,73	0,048	0,64
Esteárico	0,32	0,32	0,007	0,75
Oleico	0,40	0,41	0,019	0,26
g/d				
Pré-formados	471,0	468,7	14,26	0,73
Mistos	508,1	507,9	18,18	0,97
De novo	264,8	264,3	11,00	0,92
Monoinsaturados	191,3	194,8	7,97	0,39
Poliinsaturados	17,7	18,7	2,09	0,25
Saturados	974,1	958,7	36,46	0,30
Insaturados	196,3	200,6	9,57	0,39
Palmítico	560,3	554,0	22,45	0,53
Esteárico	105,1	103,6	3,07	0,43
Oleico	129,5	131,2	5,98	0,60
g/100 g de AG				
Pré-formados	37,94	37,87	0,280	0,72
Mistos	40,88	40,93	0,259	0,70
De novo	21,17	21,20	0,279	0,90
Monoinsaturados	15,51	15,75	0,527	0,44
Poliinsaturados	1,49	1,50	0,170	0,92
Saturados	77,82	77,13	0,560	0,18
Insaturados	0,16	0,16	0,007	0,59
Palmítico	44,77	44,63	0,737	0,72
Esteárico	8,48	8,39	0,162	0,39
Oleico	10,54	10,63	0,452	0,76

¹Erro padrão das médias

²Ácidos graxos \geq 18 carbonos

³Ácidos graxos de 16 a 17 carbonos

⁴Ácidos graxos de 4 a 15 carbonos

Tabela 5 - Digestibilidade aparente do trato digestivo total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN) e MO não-FDN (MOnFDN), excreção de alantoína na urina e viscosidade fecal nos tratamentos Alfafa e Tifton nos dias 19 a 21 de cada período.

	Tratamentos		EPM ¹	Valor-P
	Alfafa	Tifton		
Digestibilidade, % do consumido				
MS	67,7	69,8	0,87	0,01
MO	69,6	71,8	0,83	<0,01
FDN	42,0	47,1	1,71	<0,01
MOnFDN	82,1	83,7	0,62	0,03
Alantoína, mmol/d	430	439	20,62	0,75
Alantoína/CMOD, ² mmoles/kg	28,6	28,6	1,87	0,98
Viscosidade fecal, Cp	20,4	18,5	1,28	0,28

¹Erro padrão das médias.

²CMOD = Consumo de matéria orgânica digestível.

A maior ingestão de peFDN>8 mm em TIF poderia ter aumentado digestibilidade no trato total, especialmente para a digestão da fibra por consequência de melhor função ruminal. Contudo, o consumo de matéria orgânica digestível (CMOD) ($P \geq 0,50$) (Tabela 3) e o crescimento microbiano ruminal não diferiram ($P=0,75$), indicando síntese microbiana similares. O rendimento microbiano ruminal por CMOD também foi igual para as duas forragens ($P=0,98$) (Tabela 5). Assim, fica indicado que ALF possuía boa relação de peFDN e amido, obtendo boa função ruminal, assim como TIF.

A digestibilidade aparente do trato digestivo total da MS e da FDN e o consumo de FDN digestível foram menores com ALF do que TIF ($P < 0,01$). Essa diferença pode ser relacionada à maior digestibilidade da silagem de gramíneas em relação a leguminosas, retratado por West (1997) e descrita no NASEM (2021). Mas como estipulado pelo NASEM (2021), a comparação da digestibilidade entre tipos de forragem não garante que uma venha a ter melhores chances de promover aumento de CMS. Nesse caso, a fragilidade da fibra e consequente tempo de retenção no rúmen seriam pontos melhores de comparação. A viscosidade das fezes não diferiu entre os tratamentos ($P=0,28$).

A ingestão e a ruminação em min/d, min/kg MS e min/kg FNDF não diferiram ($P \geq 0,33$). Ingestão e ruminação em min/kg uFDN foram menores com ALF do que com TIF. Frequência, tamanho e duração de refeição e tempo de refeição diário não diferiram ($P \geq 0,12$). Com isso, verifica-se que a substituição de silagem de alfafa por silagem de Tifton não afetou os parâmetros de comportamento ingestivo mais relacionados com consumo, produção e composição do leite. Isso corrobora com os resultados obtidos em desempenho.

Tabela 6 - Atividade mastigatória nos tratamentos Alfafa e Tifton.

	Tratamentos		EPM ¹	Valor-P
	Alfafa	Tifton		
Mastigação				
min/d				
Ingestão	317,7	314,7	10,45	0,68
Ruminação	410,0	410,4	13,76	0,97
Mastigação ²	728,1	725,2	17,72	0,82
min/kg MS ³				
Ingestão	13,5	13,6	0,68	0,77
Ruminação	17,5	17,7	0,80	0,74
Mastigação	31,0	31,3	1,29	0,69
min/kg FDN ³				
Ingestão	46,9	44,8	2,33	0,06
Ruminação	60,6	59,6	2,71	0,57
Mastigação	107,7	104,3	4,35	0,14
min/kg FDNF ³				
Ingestão	61,5	60,2	3,02	0,33
Ruminação	79,6	79,0	3,67	0,82
Mastigação	141,2	139,2	5,80	0,46
min/kg de FDN de alfafa ou Tifton				
Ingestão	222,9	217,1	11,10	0,40
Ruminação	287,3	279,5	12,91	0,40
Mastigação	510,4	496,7	21,11	0,27
min/kg uFDN _{240h} ³				
Ingestão	131,6	154,0	7,04	<0,01
Ruminação	170,3	199,8	8,40	<0,01
Mastigação	302,2	353,8	13,44	<0,01
min/kg peFDN _{>19mm} ³				
Ingestão	231,1	273,7	12,73	<0,01
Ruminação	298,5	352,5	14,81	<0,01
Mastigação	529,9	626,2	24,15	<0,01
min/kg peFDN _{>8mm} ³				
Ingestão	74,5	70,9	3,64	0,07
Ruminação	96,1	92,0	4,30	0,18
Mastigação	170,7	162,9	6,94	0,04
Padrão das refeições ⁴				
Frequência de refeições, /d	8,6	8,1	0,30	0,15
Consumo por refeição, kg MS	2,84	2,96	0,131	0,37
Duração da refeição, min/ refeição	39,8	42,6	1,87	0,12
Tempo de refeição, min/d	337,8	338,7	12,16	0,91
Duração da primeira refeição, min	40,6	46,9	2,99	0,09
Duração da maior refeição, min	72,4	69,2	3,99	0,44
Momento da maior refeição ⁵	474,2	404,6	63,33	0,44
Ruminações por bolo regurgitado	61,6	63,6	2,26	0,41

¹Erro padrão das médias.

²Mastigação = Ingestão + Ruminação.

³Consumos de: MS = Matéria seca. FDN = Fibra em detergente neutro. FDNF = FDN oriundo de forragens. uFDN_{240h} = FDN não-digerido em 240 h de incubação ruminal. peFDN_{>19 mm} = FDN fisicamente efetivo >19 mm. peFDN_{>8 mm} = FDN fisicamente efetivo >8 mm.

⁴Refeição = Ingestão + intervalos dentro da refeição.

⁵Minutos da oferta matinal de alimentos (07:00h).

Uma vez que o comportamento ingestivo em minutos por dia foi semelhante, esse comportamento pelos consumos vai seguir o mesmo padrão dessas ingestões, ou seja, maiores tempos de ruminação, mastigação e ingestão por kg ingerido de uFDN e peFDN_{>19 mm} foram encontrados para TIF (P<0,01), que apresentou menor ingestão de

uFDN e peFDN > 19 mm. O mesmo ocorre em tempos ingestão ($P=0,07$) e mastigação ($P=0,04$) por kg de peFDN > 8 mm ingerido, que foram maiores para ALF.

Vacas alimentadas com ALF tenderam a ter uma primeira refeição mais curta ($P=0,09$), tiveram menor porcentagem de ingestão diária pela manhã ($P < 0,01$) e maior porcentagem de ingestão à noite ($P < 0,01$) do que as vacas alimentadas com TIF (Tabelas 6 e 7). Isso pode indicar que o Tifton não estava causando limitação física de consumo quando comparado à dieta com alfafa apesar da maior peFDN > 8 mm, uma vez que apresentou refeição mais longa.

Tabela 7 - Proporção do consumo em períodos do dia, seleção de partículas e sobra como proporção do oferecido nos tratamentos Alfafa e Tifton.

	Tratamentos		EPM ¹	Valor-P
	Alfafa	Tifton		
Consumo, % do dia				
0700-1230 h	36,4	41,5	1,59	<0,01
1230-1800 h	30,0	30,0	1,18	0,99
1800-0500 h	33,6	28,5	1,89	<0,01
Seleção de partículas, ² Observado/Predito %				
0700-1230 h				
>19 mm	92,8	65,9	10,31	0,04
8-19 mm	100,3	101,8	2,09	0,58
<8 mm	96,2	102,7	4,11	0,21
1230-1800 h				
>19 mm	69,3	67,6	7,56	0,87
8-19 mm	98,5	95,8	1,72	0,25
<8 mm	108,8	110,0	2,42	0,61
1800-0500 h				
>19 mm	92,8	83,7	3,30	0,04
8-19 mm	100,8	99,8	0,70	0,16
<8 mm	100,5	105,7	1,54	<0,01
0700-0500 h				
>19 mm	91,8	85,6	2,16	0,03
8-19 mm	100,1	99,6	0,33	0,08
<8 mm	101,9	102,8	0,55	0,08
Sobra, % do oferecido				
0700-1230 h	68,3	63,6	0,01	<0,01
1230-1800 h	61,3	58,1	0,02	0,04
1800-0500 h	30,7	32,9	0,02	0,10
0700-0500 h	12,7	12,3	0,45	0,56

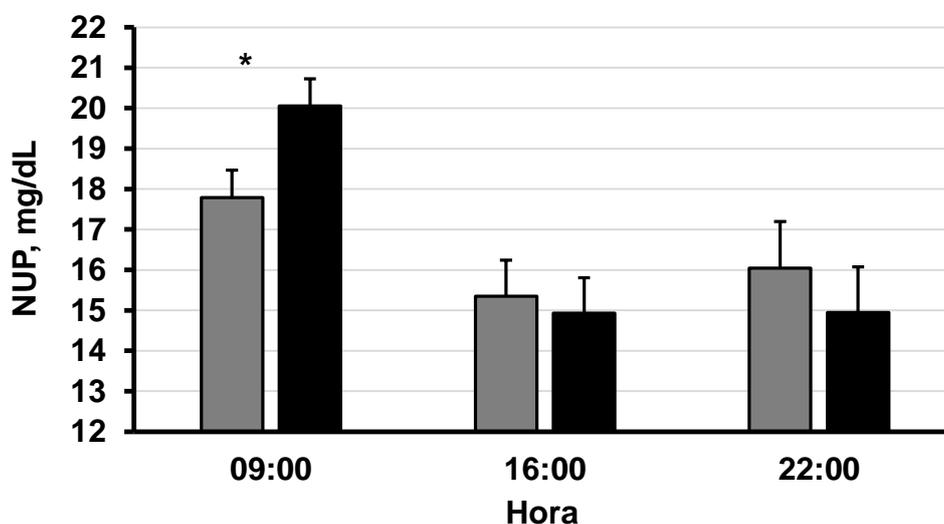
¹Erro padrão das médias.

²< 100 % = rejeição, > 100 % = consumo preferencial, 100 % = ausência de seleção. Peneiras do separador de partículas da Penn State. Média e desvio padrão de 4 amostras semanais.

A tabela 7 demonstra seleção de partículas, havendo recusa de partículas de ração > 19 mm de manhã e à noite foi menor com ALF do que com TIF ($P \leq 0,04$). Apenas vacas alimentadas com TIF selecionaram a favor de partículas < 8 mm à noite ($P < 0,01$). Considerando todo o dia, ALF teve menor seleção contra as partículas > 19 mm que TIF e tendeu a ter menor seleção a favor de partículas < 8 mm. Contudo, ALF tendeu a ter

mais seleção a favor de partículas entre 8 e 19mm, apesar das duas se assemelharam a 100%, que indica que não há seleção. Essa seleção de TIF a favor do fundo e contra as partículas maiores que 19 mm poderia levar a um maior risco de acidose, contudo não houve efeito em CMS, produção de leite, LCG, ou outro fator que pudesse expressar ocorrência de SARA. Por outro lado, essas vacas foram alimentadas com mais peFDN>8 mm. Dessa forma, as vacas puderam apresentara maior recusa de partículas longas sem prejuízos em desempenho.

Figura 5 - Nitrogênio ureico no plasma (NUP) 2 h após a refeição iniciada após o retorno das ordenha da manhã, tarde e noite nos tratamentos

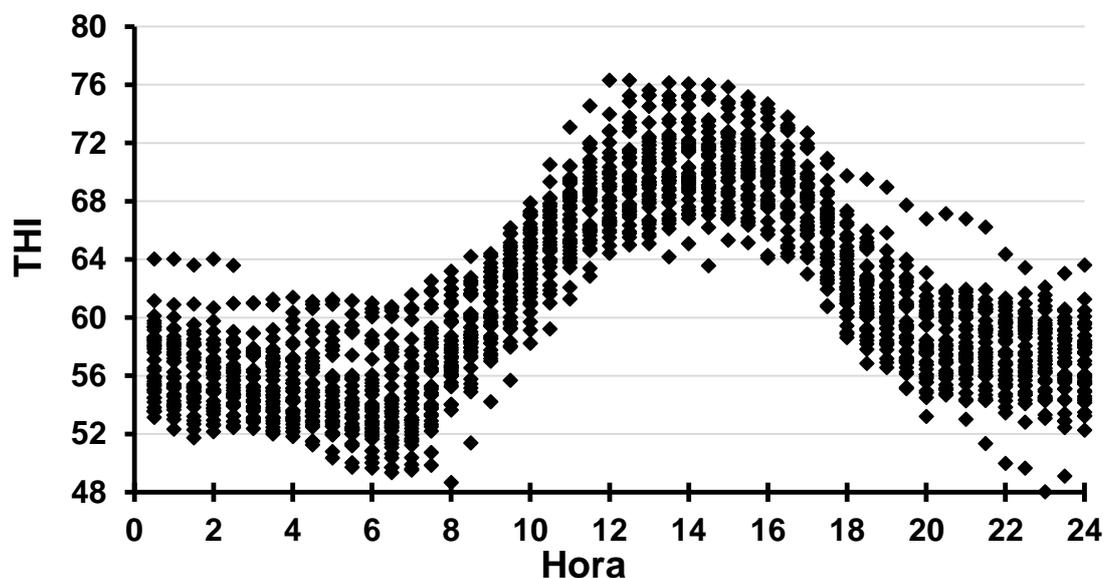


Alfafa (■) e Tifton (■). $P = 0,65$ para tratamento, $P < 0,01$ para hora e $P = 0,06$ para a interação entre tratamento e hora. Opção slice do SAS: * $P < 0,01$.

Vacas alimentadas com ALF apresentaram menor ($P \leq 0,01$) N-ureico (mg/dL) no leite (NUL) e no plasma 2 horas após a primeira ingestão após a ordenha matinal do que as vacas alimentadas com TIF (Tabelas 3 e 8 e Figura 5). Isso corresponde à maior proporção de consumo de manhã em TIF aliada a maior seleção de partículas menores. Assim, havia maior consumo de concentrado em TIF e consequente maior ingestão de farelo de soja, principal fonte proteica da dieta. Há maior aporte de proteína degradável no rúmen, formação de amônia e, por consequência, maiores níveis de compostos nitrogenados no sangue e no leite, expressados em NUL e NUP.

O THI médio foi de 76,5, indicando que durante o período experimental as vacas estavam sobre estresse térmico, acima de 72 (POLSKY, VON KEYSERLINGK, 2017) (Figura 6).

Figura 6 - Índice de temperatura e umidade (ITU) ao longo do dia durante o período experimental.



*2016 mensurações com intervalos de 30 min. THI 76.5 ± 16.1 (Média \pm DP).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades desenvolvidas na fazenda São Francisco foram de grande valia, vivenciando os manejos de uma fazenda leiteira e trabalhando em equipe. Essa oportunidade me possibilitou ter uma visão clara da importância da formulação e do manejo para garantir boa saúde ruminal. Além disso, a possibilidade de trabalhar com os dados gerados acrescentou um quesito crítico em meu jeito de avaliar não somente os dados apresentados, mas possíveis dados de outras fazendas que posso trabalhar.

A escolha da forragem é de extrema importância para garantir boa produção de leite, sem limitação de consumo e sem distúrbios ruminais. Além disso, é preciso garantir que essa forragem tenha tamanho de partícula adequado que permita motilidade e ruminação também. Essa escolha também deve ser adaptada as condições ambientais e agrônômicas da região, de forma a otimizar custos de produção de volumosos. Por fim, a substituição de TIF por ALF em base iso-FDN não afetou o CMS e o desempenho da lactação, enquanto a digestibilidade da dieta foi reduzida e o comportamento mastigatório foi afetado.

REFERÊNCIAS

- ALAMOUTI, A. Asadi *et al.* Effects of inclusion of neutral detergent soluble fibre sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation Holstein cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, n. 1-2, p. 9-23, 2009.
- ALLEN, Michael S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.
- BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 6, p. 2117-2129, 2005.
- BRODERICK, G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 86, n. 4, p. 1370-1381, 2003.
- BURTON, Glenn W. Tifton 85 bermudagrass—early history of its creation, selection, and evaluation. **Crop science**, v. 41, n. 1, p. 5-6, 2001.
- CASTRO, J. J.; MULLIS, N. A.; BERNARD, J. K. Production response of lactating cows to combinations of BMR corn silage and Tifton 85 bermudagrass hay. **J. Dairy Sci.**, v. 91, n. E-Suppl. 1, p. 137, 2008.
- COON, R. E.; DUFFIELD, T. F.; DEVRIES, T. J. Risk of subacute ruminal acidosis affects the feed sorting behavior and milk production of early lactation cows. **Journal of dairy science**, v. 102, n. 1, p. 652-659, 2019.
- DEVRIES, T. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Dietary forage concentration affects the feed sorting behavior of lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 90, n. 12, p. 5572-5579, 2007.
- JOHNSTON, C.; DEVRIES, T. J. Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 4, p. 3367-3373, 2018.
- KAMMES, K. L.; ALLEN, M. S. Rates of particle size reduction and passage are faster for legume compared with cool-season grass, resulting in lower rumen fill and less effective fiber. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 6, p. 3288-3297, 2012.
- KONONOFF, P. J.; HEINRICH, A. J.; LEHMAN, H. A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 10, p. 3343-3353, 2003.
- LAMMERS, B. P.; BUCKMASTER, D. R.; HEINRICH, A. J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of dairy science**, v. 79, n. 5, p. 922-928, 1996.
- MCLEOD, M. N.; KENNEDY, P. M.; MINSON, D. J. Resistance of leaf and stem fractions of tropical forage to chewing and passage in cattle. **British Journal of Nutrition**, v. 63, n. 1, p. 105-119, 1990.

- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.
- NASROLLAHI, S. M.; IMANI, M.; ZEBELI, Q. A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8926-8939, 2015.
- NELSON, C. J., D. D. BUCKHOLZ, D. L. RAUSCH, AND J. J. COUTTS. Managing alfalfa and alfalfa-grass mixtures for persistency. *In: Proc. 16th Nat. Alf. Symp.*, Fort Wayne, Indiana. 1986. p. 12-13.
- POLSKY, Liam; VON KEYSERLINGK, Marina AG. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017.
- TAF AJ, M. *et al.* A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, n. 2, p. 137-161, 2007.
- WEST, J. W. *et al.* Effects of dietary forage source and amount of forage addition on intake, milk yield, and digestion for lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 8, p. 1656-1665, 1997.
- WHITE, R. R. *et al.* Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 9551-9568, 2017a.
- WHITE, Robin R. *et al.* Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. II: Development of feeding recommendations. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 12, p. 9569-9584, 2017b.
- YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 3, p. 1090-1098, 2005.
- YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 7, p. 2618-2633, 2006.
- ZEBELI, Q. *et al.* A model to optimise the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fibre. **Archives of Animal Nutrition**, v. 64, n. 4, p. 265-278, 2010.
- ZEBELI, Q. *et al.* Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. **Journal of dairy science**, v. 89, n. 2, p. 651-668, 2006.
- ZEBELI, Q. *et al.* Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 3, p. 1041-1056, 2012.