

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI  
CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES  
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

COMPORTAMENTO INGESTIVO DE VACAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM  
FARELO DE CANOLA EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA

BRUNO HENRIQUE DA SILVEIRA

SÃO JOÃO DEL REI - MG  
AGOSTO - 2025

BRUNO HENRIQUE DA SILVEIRA

COMPORTAMENTO INGESTIVO DE VACAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM  
FARELO DE CANOLA EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA

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

Comitê de Orientação:

Orientador: Prof. Dr. Rafael Fernandes Leite (*UFSJ/CTAN*)

SÃO JOÃO DEL REI - MG

AGOSTO - 2025

BRUNO HENRIQUE DA SILVEIRA

COMPORTAMENTO INGESTIVO DE VACAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM  
FARELO DE CANOLA EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em: 29/08/2025

Documento assinado digitalmente  
 **RAFAEL FERNANDES LEITE**  
Data: 04/09/2025 20:43:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Rafael Fernandes Leite  
Universidade Federal de São João del-Rei

Documento assinado digitalmente  
 **DEODORO MAGNO BRIGHENTI DOS SANTOS**  
Data: 11/09/2025 09:56:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Deodoro Magno Brighenti dos Santos  
Universidade Federal de São João del-Rei

Documento assinado digitalmente  
 **LETICIA RODRIGUES FARIA**  
Data: 05/09/2025 07:35:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Leticia Rodrigues Faria  
Universidade Federal de Lavras

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus, que esteve ao meu lado durante toda essa jornada. Sua presença me guiou e fortaleceu nos momentos difíceis, e sou muito grato por isso.

Aos meus pais, Andreia e Luiz, meu muito obrigado. Vocês sempre foram meu apoio e inspiração, me incentivando a seguir em frente, mesmo quando os desafios pareciam grandes. O amor e apoio incondicional de vocês foram essenciais para que eu conseguisse chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Livian, Hellen e Matheus, e ao meu cunhado Rodrigo, agradeço pelo companheirismo e pelas risadas que compartilhamos. A presença de vocês tornou essa experiência muito mais divertida e significativa. E claro, ao meu sobrinho Miguel, que trouxe muita alegria para a nossa família.

Um agradecimento especial aos meus irmãos da República Taberna, que se tornaram minha segunda família durante esses anos em São João del-Rei. Juntos, vivemos momentos incríveis, cheios de aprendizado e diversão. Também agradeço às repúblicas Xabrão, Relicário e Ooops, que tornaram minha vida acadêmica bem mais leve.

Não posso deixar de mencionar a cidade de São João del-Rei, que me acolheu de braços abertos e tornou minha experiência acadêmica tão rica. Agradeço à Universidade Federal de São João Del-Rei e a todos os meus professores, que contribuíram muito para meu crescimento. Em especial, quero agradecer à Letícia Faria, que me apoiou bastante na realização deste trabalho, e aos professores Rafael Leite e Deodoro Brighenti, cuja orientação foi fundamental para o meu desenvolvimento acadêmico.

A todos vocês que fizeram parte dessa jornada, meu muito obrigado. Cada um teve um papel importante na minha vida, e sou realmente grato por isso.

A única maneira de fazer um excelente trabalho é amar o que você faz.

Steve Jobs

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Campo Experimental Risoleta Neves da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizado em São João Del Rei, Minas Gerais. Fonte: Google Maps. .... | 19 |
| Figura 2 - Vacas do tratamento de farelo de soja (lote 1 e 3). Fonte: Arquivo pessoal. ....                                                                                       | 21 |
| Figura 3 - Vacas do tratamento de farelo de canola (lote 2 e 4). Fonte: Arquivo pessoal. .                                                                                        | 21 |
| Figura 4 - Ordenha e registro da produção de leite. Fonte: Arquivo pessoal. ....                                                                                                  | 26 |
| Figura 5 - Análise de comportamento dos animais do experimento. Fonte: Arquivo pessoal. ....                                                                                      | 27 |
| Figura 6 - A) Tempo de ruminação (min/d) e B) proporção do consumo diário no período da noite (%) nos tratamentos de farelo de soja (cinza) ou farelo de canola (preto). ....     | 32 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Composição dos ingredientes das dietas .....                                                                                                   | 22 |
| Tabela 2 - Composição das dietas experimentais contendo farelo de soja (FS) ou farelo de canola (FC) como a principal fonte proteica .....                | 23 |
| Tabela 3 - Consumo e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total de vacas alimentadas com farelo de soja (FS) ou farelo de canola (FC)1 ..... | 29 |
| Tabela 4 - Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com farelo de soja (FS) ou farelo de canola (FC) .....                                  | 31 |

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Risoleta Neves, em São João Del Rei, MG. Foram utilizadas 30 vacas mestiças Holandês-Gir ( $167 \pm 66$  dias em lactação,  $493 \pm 51$  kg de peso corporal e  $11,7 \pm 3,2$  kg de leite) primíparas e multíparas, bloqueadas quanto ao grupamento sanguíneo, paridade e produção de leite, distribuídas de forma aleatória aos tratamentos: dieta com farelo de soja (FS;  $n = 15$ ) e dieta com farelo de canola (FC;  $n = 15$ ), fornecidos durante 9 semanas. Os animais foram alocados em quatro piquetes com subgrupos de oito e sete animais (dois piquetes com oito animais e dois piquetes com sete animais). As dietas utilizadas foram isoproteicas, com teor de proteína bruta de 14,3%, compostas pelos mesmos ingredientes, variando apenas na fonte proteica. O consumo de matéria seca foi mensurado diariamente e as sobras da dieta fornecida foram retiradas e pesadas diariamente, visando quantidade de 5% a 10% de sobras. O comportamento dos animais foi avaliado em intervalos de 10 minutos, durante 24 h, no último dia das semanas 4, 6 e 8. Os dados foram analisados como medidas repetidas e o modelo incluiu os efeitos fixos de tratamento (FS ou FC), semana (4, 6 e 8), a interação tratamento x semana, e o efeito aleatório de bloco e piquete. O consumo estimado de matéria seca (CMS) foi de 15,65 kg/vaca/dia no tratamento FS e 16,84 kg/vaca/dia no tratamento FC. A produção de leite não diferiu entre as vacas alimentadas com FS ou FC (12,6 vs. 13,5 kg/dia;  $P = 0,54$ ). A digestibilidade aparente da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro foi maior nas vacas alimentadas com FS ( $P \leq 0,02$ ). A frequência de refeições foi maior, enquanto a duração das refeições foi menor para as vacas alimentadas com FC em comparação às vacas alimentadas com FS (5,6 vs. 4,6 refeições/dia e 69,6 vs. 92,9 min/refeição, respectivamente;  $P = 0,01$ ). O tempo de ruminação total das vacas do tratamento FS foi maior nas semanas 4 (474 min/dia) e 6 (448 min/dia) em comparação à semana 8 (367 min/dia), mas, nas vacas do tratamento FC, não diferiu entre as semanas 4, 6 e 8 (476, 463 e 446 min/dia, respectivamente) (tratamento x semana,  $P = 0,02$ ). O tempo de ruminação em posição deitada foi maior para vacas alimentadas com FC em relação às alimentadas com FS (400 vs. 313 min/dia;  $P < 0,01$ ). A proporção do CMS diário consumido no período da manhã foi maior em vacas alimentadas com FC em comparação às alimentadas com FS (40,9 vs. 37,7%;  $P = 0,05$ ). Já a proporção do CMS diário consumido no período noturno foi menor para vacas alimentadas com FC na semana 8 (14,5%) em relação às semanas 4 (24,0%) e 6 (24,5%); além disso, na semana 8, esse valor foi menor para vacas alimentadas com FC em comparação às alimentadas com FS (23,7%;  $P = 0,01$  para interação tratamento  $\times$  semana). Em conclusão, a frequência de refeições, o tempo de ruminação em posição deitada e a proporção do CMS consumido pela manhã foram maiores em vacas mestiças Holandês  $\times$  Gir alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja.

**Palavras-chave:** comportamento ingestivo; farelo de canola; produção de leite.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the feeding behavior of dairy cows fed canola meal as a substitute for soybean meal. The experiment was conducted at the Risoleta Neves Experimental Farm in São João Del-Rei, MG. A total of 30 crossbred Holstein-Gir cows ( $167 \pm 66$  days in lactation,  $493 \pm 51$  kg of body weight, and  $11.7 \pm 3.2$  kg of milk) were used, including both primiparous and multiparous cows, blocked by blood group, parity, and milk production, and randomly assigned to the treatments: soybean meal diet (SB;  $n = 15$ ) and canola meal diet (CM;  $n = 15$ ), provided for 9 weeks. The animals were allocated to four paddocks with subgroups of eight and seven animals (two paddocks with eight animals and two paddocks with seven animals). The diets were isoproteic, with a crude protein content of 14.3%, composed of the same ingredients, varying only in the protein source. Dry matter intake was measured daily, and the leftovers of the provided diet were removed and weighed daily, aiming for a quantity of 5% to 10% leftovers. The behavior of the animals was evaluated at 10-minute intervals over 24 hours on the last day of weeks 4, 6, and 8. The data were analyzed as repeated measures, and the model included the fixed effects of treatment (SB or CM), week (4, 6, and 8), the treatment  $\times$  week interaction, and the random effects of block and paddock. The estimated dry matter intake (DMI) was 15.65 kg/cow/day for the SB treatment and 16.84 kg/cow/day for the CM treatment. Milk production did not differ between the cows fed SB or CM (12.6 vs. 13.5 kg/day;  $P = 0.54$ ). The apparent digestibility of organic matter and neutral detergent fiber was higher in cows fed CM ( $P \leq 0.02$ ). The frequency of meals was higher, while the duration of meals was shorter for cows fed CM compared to those fed SB (5.6 vs. 4.6 meals/day and 69.6 vs. 92.9 min/meal, respectively;  $P = 0.01$ ). The total rumination time of cows on the SB treatment was greater in weeks 4 (474 min/day) and 6 (448 min/day) compared to week 8 (367 min/day), but for cows on the CM treatment, it did not differ between weeks 4, 6, and 8 (476, 463, and 446 min/day, respectively) (treatment  $\times$  week,  $P = 0.02$ ). The time spent ruminating in a lying position was greater for cows fed CM compared to those fed SB (400 vs. 313 min/day;  $P < 0.01$ ). The proportion of daily DMI consumed in the morning was higher in cows fed CM compared to those fed SB (40.9 vs. 37.7%;  $P = 0.05$ ). The proportion of daily DMI consumed at night was lower for cows fed CM in week 8 (14.5%) compared to weeks 4 (24.0%) and 6 (24.5%); moreover, in week 8, this value was lower for cows fed CM compared to those fed SB (23.7%;  $P = 0.01$  for treatment  $\times$  week interaction). In conclusion, the frequency of meals, the time spent ruminating in a lying position, and the proportion of DMI consumed in the morning were greater in crossbred Holstein  $\times$  Gir cows fed canola meal as a substitute for soybean meal.

Keywords: canola meal; feeding behavior; milk production.

## SUMÁRIO

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO .....                                                                                              | 8  |
| ABSTRACT .....                                                                                            | 9  |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                       | 11 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                                                             | 12 |
| 2.1. A UTILIZAÇÃO DO FARELO DE CANOLA EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS ..... | 12 |
| 2.1.1. CONSUMO DE MATÉRIA SECA E PRODUÇÃO DE LEITE .....                                                  | 13 |
| 2.2. COMPORTAMENTO INGESTIVO DE VACAS LEITEIRAS .....                                                     | 14 |
| 3. OBJETIVO.....                                                                                          | 19 |
| 4. MATERIAL E METODOS .....                                                                               | 19 |
| 4.1. Vacas, Tratamentos e Delineamento Experimental.....                                                  | 19 |
| 4.2. Procedimentos Experimentais e Coleta de Amostras.....                                                | 24 |
| 4.2.1. Amostras de fezes.....                                                                             | 25 |
| 4.2.2. Consumo de Nutrientes e Digestibilidade Aparente de Nutrientes no Trato Digestivo Total .....      | 25 |
| 4.3. Determinação da produção de leite .....                                                              | 25 |
| 4.4. Comportamento ingestivo .....                                                                        | 26 |
| 4.5. Análises estatísticas.....                                                                           | 27 |
| 5. RESULTADOS.....                                                                                        | 28 |
| 5.1. Consumo de Nutrientes e Digestibilidade Aparente de Nutrientes no Trato Digestivo Total .....        | 28 |
| 5.2. Comportamento Ingestivo .....                                                                        | 30 |
| 6. Discussão.....                                                                                         | 33 |
| 6. CONCLUSÃO .....                                                                                        | 36 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                       | 36 |

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de leite é uma das atividades mais relevantes na agropecuária global, desempenhando um papel crucial na economia e contribuindo para a segurança alimentar. Com o aumento da demanda por produtos lácteos, os produtores enfrentam o desafio de não apenas maximizar a eficiência produtiva, mas também garantir o bem-estar dos animais, que é fundamental para a saúde e a produtividade do rebanho. A dieta das vacas leiteiras é um dos fatores mais determinantes que afetam tanto a produção de leite quanto o comportamento ingestivo desses animais (PAULA et al., 2019).

O farelo de soja tem sido a principal fonte de proteína nas dietas de vacas leiteiras, devido ao seu alto teor proteico e perfil de aminoácidos (HUHTANEN et al., 2011). No entanto, essa dependência pode trazer desafios, como a disponibilidade sazonal, flutuações de preços e impactos ambientais associados à sua produção (PAULA et al., 2019). Nesse sentido, o farelo de canola surge como uma alternativa promissora, por apresentar um perfil de aminoácidos que se aproxima do leite e um teor elevado de metionina, um aminoácido frequentemente limitante nas dietas que utilizam farelo de soja (EVANS & WOOD, 2023). Estudos recentes sugerem que a inclusão do farelo de canola na dieta pode melhorar o consumo de matéria seca e a produção de leite (MARTINEAU et al., 2014). No entanto, estudos que avaliem o comportamento animal frente à inclusão do farelo de canola em substituição ao farelo de soja na dieta ainda são escassos na literatura.

Os resultados deste estudo visam contribuir para o entendimento das alternativas alimentares que podem otimizar não apenas a produtividade, mas também a qualidade de vida dos animais, promovendo um sistema de produção leiteira mais sustentável e ético. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja, bem como a produção de leite, o consumo e a digestibilidade aparente no trato total da matéria seca e dos nutrientes.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. A UTILIZAÇÃO DO FARELO DE CANOLA EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS**

O farelo de soja é um coproduto da indústria de produção de óleo, utilizado como fonte proteica na alimentação de animais ruminantes. A utilização desse coproduto para alimentação animal é importante pois, esses animais tem a capacidade de ingerir e aproveitar produtos não destinados ao consumo, e transformar em alimentos de alto valor proteico (PAULA et al., 2019). Além disso, o aproveitamento desse alimento na nutrição animal reduz o seu descarte no meio ambiente. O farelo de soja é a fonte proteica mais utilizada na dieta de vacas leiteiras (HUHTANEN et al., 2011; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2019). Esse alimento tem teor de proteína bruta médio de 41,5% com 67% na forma degradada no rúmen (PDR) e 33% na forma não degradada no rúmen (PNDR; NASEM, 2021). A dependência instaurada em alguns países desse coproduto, pode ser problemática pela dependência da disponibilidade em determinadas épocas do ano e locais, dependência de importação de alguns países, e à flutuação de preços (PAULA et al., 2019).

Nesse sentido, a utilização de outros coprodutos pode ser uma alternativa para driblar esses fatores. O farelo de canola que é um coproduto oriundo também da indústria do óleo, vem ganhando espaço na alimentação animal. Esse alimento é a segunda fonte proteica mais comercializada no mundo para os animais, tendo o Canadá como o maior produtor (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2019). A canola é uma variedade da colza (*Brassica napus* e *Brassica campestris/rapa*), que através de programas de melhoramento genético obtiveram baixos teores dos fatores antinutricionais presentes na colza tradicional, o ácido erúico e os glicosinolatos (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2019). O perfil de aminoácidos do farelo de canola é o mais semelhante ao perfil de aminoácidos do leite dentre as fontes proteicas vegetais (EVANS & WOOD, 2023). Em comparação ao farelo de soja, o farelo de canola tem maior teor de metionina (NASEM, 2021). A metionina é o aminoácido que mais limita o desempenho dos animais em dietas onde o farelo de soja é a principal fonte de proteína. (SCHWAB, 2010). Em uma meta-análise, MAXIN et al. (2013) avaliaram a concentração plasmática de aminoácidos de vacas leiteiras alimentadas com a mesma dieta basal variando apenas na fonte proteica. As fontes proteicas utilizadas foram o farelo de soja, farelo de canola,

grãos de destilaria de milho secos com alto teor de proteína ou grãos de destilaria de trigo secos com solúveis. Os autores observaram que as vacas alimentadas com farelo de canola foram as únicas que não apresentaram deficiência de nenhum aminoácido no sangue. Em uma meta-análise avaliando o desempenho animal, MARTINEAU et al. (2014) observaram aumento no consumo de matéria seca, de produção de leite, de proteína e lactose do leite, com redução do nitrogênio ureico no sangue e no leite, e aumento da eficiência de utilização do nitrogênio quando o farelo de canola foi utilizado em substituição a outras fontes proteicas vegetais. Essas respostas demonstram a importância do perfil de aminoácidos do farelo de canola em comparação a outras fontes proteicas vegetais utilizadas na dieta de vacas leiteiras. Além disso, esses resultados reforçam o potencial do farelo de canola como uma alternativa eficiente para otimizar o desempenho produtivo de vacas leiteiras.

### **2.1.1. CONSUMO DE MATÉRIA SECA E PRODUÇÃO DE LEITE**

A utilização do farelo de canola em substituição ao farelo de soja como fonte proteica da dieta tem sido proposta com relatos de melhor desempenho dos animais, com aumento do consumo de matéria seca, da produção de leite (HUHTANEN et al., 2011), da produção de proteína do leite (HUHTANEN et al., 2011; PAULA et al., 2020), redução do nitrogênio ureico no leite (MAXIN et al., 2013; BRODERICK et al., 2015; PAULA et al., 2020) e aumento da eficiência de utilização de nitrogênio (BRODERICK et al., 2015).

HUHTANEN et al., (2011) fizeram uma meta-análise avaliando 122 estudos com vacas leiteiras alimentadas com farelo de soja ou farelo de canola como fonte proteica em dietas a base de silagem de capim ou com a silagem de capim parcialmente substituída por silagem de leguminosas ou de planta inteira de cereais. O consumo de matéria seca aumentou 2,6 kg por dia e a produção de leite 3,9 kg por dia nas vacas alimentadas com farelo de canola em comparação as vacas alimentadas com o farelo de soja ( $P < 0,01$ ). Em outra meta-análise, MARTINEAU, OUELLET e LAPIERRE (2013) observaram aumento de 0,24 kg por dia no consumo de matéria seca e de 0,62 kg por dia na produção de leite para cada 10% de inclusão de farelo de canola em comparação ao farelo de soja na dieta de vacas leiteiras ( $P < 0,01$ ).

BRODERICK et al., (2015) avaliaram a inclusão do farelo de canola na dieta de vacas leiteiras em dois níveis de proteína bruta (11 e 17%) com base na matéria seca da dieta. Os autores observaram aumento no consumo de matéria seca de 0,4 kg por dia e na

produção de leite de 1,0 kg por dia nas vacas alimentadas com farelo de canola, em ambos os níveis de proteína bruta, em comparação com as vacas alimentadas com o farelo de soja ( $P \leq 0,05$ ). RINNE et al. (2015) compararam a inclusão do farelo de canola na dieta em nível alto (15,6%) ou baixo (8,4%) em comparação com o farelo de soja em nível alto (12,4%) ou baixo (6,7%). Nesse estudo o consumo de matéria seca e a produção de leite não diferiram nas vacas alimentadas com farelo de canola ou com farelo de soja ( $P \geq 0,05$ ). Paula et al. (2020) avaliaram o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja em dietas com diferentes proporções de silagem de alfafa e silagem de milho. Nesse estudo o consumo de matéria seca não diferiu nas vacas alimentadas com farelo de canola ou com farelo de soja ( $P = 0,40$ ). Já a produção de leite aumentou 0,86 kg por dia nas vacas alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja ( $P = 0,03$ ).

Conforme demonstrado pelos resultados, a resposta em consumo de matéria seca e produção de leite é inconsistente entre os estudos. A explicação da maior produção de leite em animais alimentados com farelo de canola em substituição ao farelo de soja é devido ao maior suprimento de aminoácidos com perfil mais semelhante ao do leite, o que aumenta a produção de leite (HUHTANEN et al., 2011). Em consequência da maior produção de leite, ocorre aumento na demanda energética e do consumo de matéria seca. Portanto, o aumento da produção de leite “puxa” o consumo de matéria seca. HUHTANEN et al. (2011) definem esse fenômeno como efeito “*pull*”. Essa teoria é a mais aceita atualmente para explicar o aumento da produção de leite e do consumo de matéria seca em vacas leiteiras alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja na dieta.

## **2.2. COMPORTAMENTO INGESTIVO DE VACAS LEITEIRAS**

O conhecimento do padrão de comportamento de vacas leiteiras pode auxiliar na melhora do bem-estar e da produção de leite desses animais (ALBRIGHT, 1993). Nesse sentido, como exemplo de padrão comportamental, a preferência em deitar do lado esquerdo durante o período de ruminação é sugerida como sendo de valor estratégico para o animal ruminante, pois essa posição otimiza o posicionamento do rúmen e da abertura esofágica, permitindo uma ruminação mais eficiente e evitando que o conteúdo do rúmen interfira no processo de eructação, prevenindo assim o timpanismo (ALBRIGHT, 1993). O padrão de comportamento realizado por vacas leiteiras consiste nas atividades de

ingestão de alimentos, ingestão de água, ruminação e ócio. O tempo médio gasto em cada atividade é cerca de 5 h na ingestão de alimentos; 0,3 h na ingestão de água; 7,6 h na ruminação e 9 h em ócio (DADO & ALLEN, 1994). Dentre essas atividades, o comportamento ingestivo e de ruminação compreende a maior parte do tempo gasto pelo animal. Esse comportamento tem papel fundamental para permitir adequada função digestiva e consequentemente redução de problemas digestivos, aumento do consumo de matéria seca e da produção de leite de vacas leiteiras.

O processo de mastigação (*chewing*) durante a ingestão de alimentos e posteriormente na ruminação desempenha grande importância na manutenção da função digestiva e no consumo de matéria seca de vacas leiteiras (BEAUCHEMIN, 2018). O processo de mastigação é feito em duas fases sendo, a primeira durante a ingestão de alimentos e a segunda durante a ruminação. O processo de ruminação permite a digestão de forragens, especificamente os componentes da parede celular das plantas, que são em grande parte indisponíveis a espécies não ruminantes (MC WILLIAMS et al., 2022). A medida que o alimento é mastigado, o tamanho das partículas é reduzido e ocorre secreção de saliva para lubrificar o bolo alimentar e permitir a deglutição (BEAUCHEMIN, 2018). A redução no tamanho de partículas pode propiciar melhor aproveitamento dos alimentos. A secreção de saliva além de lubrificar o bolo alimentar, é importante pois atua como tampão para o rúmen auxiliando na manutenção do pH ideal para a microbiota ruminal realizar a digestão dos alimentos (BEAUCHEMIN, 2018). Portanto, a medida que ocorre aumento do tempo de ruminação e mastigação pode ocorrer melhor aproveitamento dos alimentos e melhor condição no meio ruminal para a manutenção e multiplicação dos microorganismos. A maior ingestão de alimentos e os nutrientes resultantes da digestão estão positivamente associados à produção de leite (JOHNSTON & DEVRIES, 2018). Portanto, o aumento do tempo de ruminação e de mastigação pode aumentar o consumo de matéria seca e produção de leite em vacas leiteiras.

As atividades realizadas pelo animal podem ser alteradas por diversos fatores como o clima, fatores inerentes ao próprio animal, a dieta, a natureza dos alimentos fornecidos na dieta, e as condições das instalações (ALBRIGHT, 1993). O clima é um dos fatores ambientais que mais impacta o bem-estar dos animais, e, consequentemente, a sua produção e produtividade. Ele abrange um conjunto de fenômenos meteorológicos complexos que, ao atuarem isoladamente ou em conjunto, tornam-se elementos decisivos no comportamento dos animais (PEREIRA, 2005). Quando expostos a altas temperaturas, os animais podem apresentar efeitos diretos, como mudanças no comportamento

(VIZZOTTO, 2014) com maior tempo em repouso, diminuição do pastejo durante o dia e aumento deste à noite (WEST, 2003; FISCHER et al., 2014), e, redução do consumo de alimentos (WEST, 1994; RHOAD et al., 2009). Associado ao menor consumo de matéria seca, as vacas diminuem também o tempo de ruminação (ALBRIGHT, 1993). Esses efeitos podem ser mais evidentes em animais altamente produtivos, devido a alta geração de calor metabólico (KADZERE et al., 2002). Os animais com genética zebuína, por sua vez, apresentam maior tolerância ao calor, devido a suas adaptações morfológicas, como a forma do corpo, a superfície da pele, a quantidade de glândulas sudoríparas e as características do pêlo. No entanto, esses animais podem sofrer mais intensamente com o aumento da produtividade. Para minimizar o estresse térmico, os animais adotam várias estratégias, incluindo a redução da carga térmica, a diminuição da produção de calor metabólico e o aumento na dissipação de calor (BERMAN, 2012). Além disso, durante situações de calor, os animais aumentam suas exigências de manutenção para suportar as alterações fisiológicas necessárias para a dissipação do calor, tem respiração ofegante, sudorese, aumento das reações químicas e manutenção da funcionalidade das proteínas de choque térmico (BERNABUCCI et al., 2010). Segundo o NRC (2001), um estresse médio a severo pode elevar essas exigências em até 25%.

Um dos principais fatores inerentes ao próprio animal e que pode alterar o comportamento normal do mesmo são as enfermidades podais. As enfermidades podais representam um grande impacto negativo na economia da bovinocultura leiteira, pois podem resultar em perdas de produção de leite que variam de 5% a 20% por lactação e é o quarto maior motivo de descarte de vacas em sistemas de produção de leite. Os problemas podais, como pododermatite e laminites, causam desconforto significativo e dor, o que pode levar os animais a evitarem se movimentar e, consequentemente, a consumirem os alimentos (SILVA, 2009; WHAY & SHEARER, 2017). Quando as vacas estão com dor nos membros, elas podem apresentar uma postura anormal, preferindo ficar deitadas, o que resulta em menor tempo consumindo e ruminando (LIMA SOARES et al., 2019). Além disso, essas doenças estão associadas a um aumento na incidência de mastite, perda de peso, infertilidade e dificultam a observação do estro, acarretando custos com o descarte precoce de animais geneticamente valiosos que frequentemente são afetados (FERREIRA et al., 2005; GREEN et al., 2002; MARTINS et al., 2002; MORAES et al., 2004). Os animais que sofrem de afecções podais tendem a permanecer deitados por mais tempo, o que aumenta o contato dos tetos com o solo sujo, resultando em mastites e, consequentemente, em uma diminuição na produção leiteira e no

desenvolvimento reprodutivo, gerando prejuízos para os produtores (LIMA SOARES et al., 2019). Outros fatores como a idade, o estado dental dos animais e a saúde são inerentes do próprio animal e também podem afetar o padrão de comportamento do mesmo.

A dieta fornecida às vacas leiteiras é um dos fatores mais críticos que afetam o seu comportamento ingestivo. A composição da dieta, incluindo a proporção de forragem e concentrados, a qualidade dos ingredientes e o tamanho das partículas, desempenha um papel vital. Dietas com partículas muito grandes podem dificultar a mastigação eficiente e a ruminação (BARRETA, 2020). Caso o animal não consiga processar o alimento de forma eficaz, pode ocorrer menor consumo de matéria seca e, conseqüentemente, em redução na produção de leite. A presença de fibra fisicamente efetiva na dieta é crucial para promover a mastigação e a ruminação. A fibra estimula a produção de saliva, que ajuda a manter o pH do rúmen em nível adequado, favorecendo a digestão e a absorção de nutrientes (VAN SOEST, 1994). As dietas que não tem adequado fornecimento de fibra fisicamente efetiva podem levar a uma série de problemas digestivos, como a acidose ruminal, que pode afetar a saúde geral do animal e seu comportamento ingestivo (MERTENS, 1997). O tamanho das partículas na dieta das vacas é um fator importante que influencia a mastigação e a ingestão de alimentos. Quando as partículas são muito pequenas, as vacas podem ingerir rapidamente o alimento sem realizar a mastigação adequada, o que pode levar a problemas digestivos (VAN SOEST, 1994). Por outro lado, partículas muito grandes podem dificultar a mastigação e a deglutição, resultando em uma redução na ingestão (VAN SOEST, 1994). Em um estudo realizado por BEAUCHEMIN (1989), foram avaliados os efeitos do teor de fibra em detergente neutro (FDN) na dieta sobre a mastigação e a ruminação em vacas alimentadas com silagem de alfafa, com ou sem suplementação de feno longo. O aumento da proporção de FDN resultou em um efeito quadrático no tempo dessas atividades, com valores de 344 e 558 minutos por dia para mastigação e a ruminação, respectivamente, em dietas contendo 26% de FDN, de 403 e 651 minutos para mastigação e a ruminação, respectivamente, em dietas com 30% de FDN, e de 414 e 674 minutos para mastigação e a ruminação, respectivamente, em dietas contendo 34% de FDN. Além disso, a dieta deve ser balanceada em termos de proteína, energia, vitaminas e minerais, pois deficiências nutricionais podem levar à diminuição do consumo (MISSIO et al., 2010).

As condições das instalações onde os animais são mantidos também tem impacto significativo no comportamento ingestivo das vacas leiteiras. Um ambiente apropriado é fundamental para garantir que os animais se sintam confortáveis e seguros, o que pode

incentivar o consumo de alimentos. A competição por alimento pode ocorrer quando as vacas são mantidas em grupos e quando o espaço do cocho é insuficiente para permitir que todas as vacas se alimentem ao mesmo tempo. Quando existe uma situação competitiva no cocho, vacas dominantes tendem a passar mais tempo se alimentando do que as vacas subordinadas, levando a uma maior ingestão de alimentos por vacas dominantes (ALBRIGHT, 1993). Portanto, manter o tamanho de cocho adequado de no mínimo 46 cm indicado pelo NASEM (2021) com base no trabalho de ALBRIGHT (1993) para animais mantidos em grupos é de fundamental importância para não ocorrer redução do consumo de matéria seca e da produção de leite dos animais. A condição das camas e o número disponível para cada vaca são fatores críticos para o conforto do animal. Camas sujas ou inadequadas podem levar ao estresse e desconforto, desencorajando o comportamento de ingestão de alimentos e de ruminação. A limpeza das instalações é crucial não apenas para a saúde dos animais, mas também para o bem-estar geral do rebanho. Ambientes limpos reduzem o risco de doenças e infecções, que podem impactar negativamente o comportamento ingestivo. A presença de sujeira, urina, fezes ou umidade excessiva pode levar à proliferação de patógenos e parasitas, aumentando o risco de enfermidades que podem reduzir o consumo e a produção de leite (LINNEMANN et al., 2002). Além disso, um número insuficiente de camas pode resultar em competição entre os animais, levando a um estresse social que pode afetar o consumo de alimentos (MOTA et al., 2017). O sombreamento é um fator importante a ser considerado, especialmente em regiões com climas quentes. O estresse térmico pode levar a uma diminuição significativa no consumo de alimentos, pois os animais tendem a reduzir a ingestão para minimizar a produção de calor metabólico. Prover áreas sombreadas e ventilação adequada nas instalações é essencial para ajudar a manter o conforto térmico das vacas, incentivando-as a se alimentarem adequadamente (MELO et al., 2016). A temperatura interna das instalações deve ser monitorada para garantir que os animais não estejam expostos a temperaturas extremas, tanto calorosas quanto frias, que podem afetar o seu consumo e comportamento (WEST et al., 2003).

Portanto, o comportamento ingestivo das vacas leiteiras é influenciado por uma complexa interação de fatores conforme descritos anteriormente. O tempo em que as vacas passam ingerindo ou ruminando está intimamente associado ao seu consumo de matéria seca e à produção de leite. DADO e ALLEN (1994) concluíram que vacas com maior produção de leite tem maior consumo de matéria seca e aumentam o tamanho das refeições. A saúde geral, a dieta, o tamanho das partículas, a condição das instalações e o

ambiente em que os animais são mantidos são aspectos que devem ser cuidadosamente monitorados e gerenciados para otimizar a produção leiteira. A adoção de práticas de manejo que considerem esses fatores pode levar a um aumento no consumo de alimentos, melhora na saúde dos animais e, conseqüentemente, uma maior eficiência na produção de leite. Portanto, a combinação de um manejo adequado, uma dieta equilibrada e um ambiente propício não apenas contribui para o bem-estar animal, mas também resulta em uma produção de leite mais eficiente e sustentável.

### 3. OBJETIVO

Avaliar o comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com farelo de canola em substituição ao farelo de soja.

### 4. MATERIAL E METODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Risoleta Neves, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em São João Del Rei, MG, Brasil (Figura 1). Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Utilização de Animais da EPAMIG (número do protocolo 001/2023).

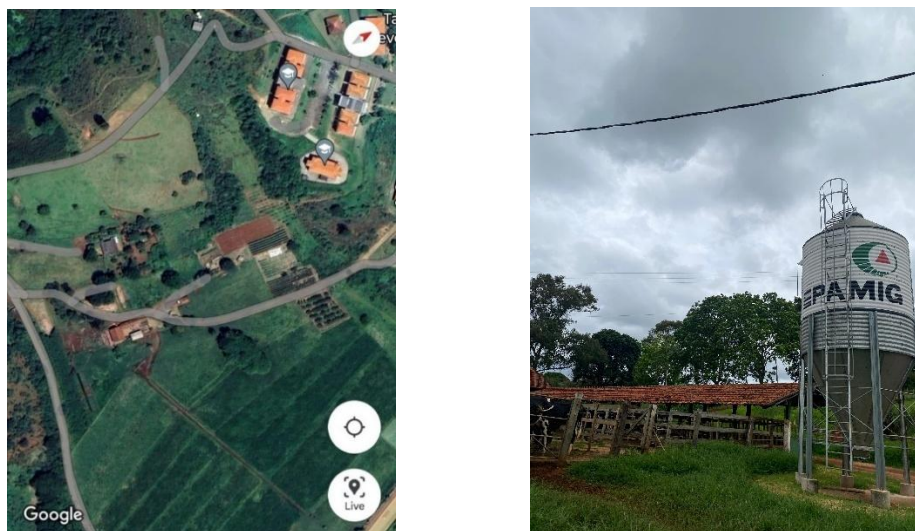


Figura 1 - Campo Experimental Risoleta Neves da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizado em São João Del Rei, Minas Gerais. Fonte: Google Maps.

#### 4.1. Vacas, Tratamentos e Delineamento Experimental

Trinta vacas mestiças Holandês-Gir ( $493 \pm 51$  kg de peso corporal;  $11,7 \pm 3,2$  kg/dia de produção de leite,  $167 \pm 66$  dias em lactação) foram utilizadas no experimento.

As vacas foram agrupadas por composição genética ( $\frac{3}{4}$  Holandês  $\times$   $\frac{1}{4}$  Gir;  $\frac{5}{8}$  Holandês  $\times$   $\frac{3}{8}$  Gir;  $\frac{7}{8}$  Holandês  $\times$   $\frac{1}{8}$  Gir), paridade (10 primíparas e 20 múltiparas com  $\geq 2$  partos) e produção de leite em um delineamento em blocos casualizados, alocando-as a um de dois tratamentos: (1) dieta com farelo de soja ( $n = 15$ ) e (2) dieta com farelo de canola ( $n = 15$ ) (Figuras 2 e 3). As vacas receberam dieta controle durante um período de covariável de 1 semana e, em seguida, foram transferidas para as dietas experimentais por um período de 8 semanas. As dietas experimentais foram oferecidas como ração total misturada – *total mixed ration* (TMR) com proporção de forragem e concentrado de 70:30, e a silagem de milho foi a única fonte de forragem utilizada nas dietas (Tabelas 1 e 2). As dietas foram formuladas para maximizar o uso de forragem e reduzir a inclusão de concentrado, devido à baixa produção de leite das vacas. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas, com os mesmos ingredientes, variando apenas na fonte proteica (farelo de soja ou farelo de canola). O farelo de canola foi obtido por extração com solvente (NUTRITEC Nutrição Animal; Lajeado, RS, Brasil). A casquinha de soja foi o único ingrediente que variou em ambas as dietas. A casquinha de soja foi utilizada para manter o mesmo teor de proteína bruta nas dietas. Os outros ingredientes da dieta foram mantidos de forma constante nas dietas. As dietas foram oferecidas duas vezes ao dia, às 07h00 e às 14h00, em quantidades iguais. Os ingredientes concentrados foram misturados em um misturador (Usibras, Patrocínio, MG, Brasil) e, em seguida, o concentrado foi misturado manualmente com a silagem de milho nos cochos. As vacas foram alojadas em quatro piquetes (um piquete com oito e outro com sete vacas por tratamento) e tiveram livre acesso à água durante o experimento. O ajuste do consumo diário, foi feito visando sobras entre 5 e 10% em relação à quantidade oferecida. As sobras de cada piquete foram coletadas e pesadas diariamente por volta das 06h00. As amostras de silagem de milho foram coletadas semanalmente para determinação do teor de matéria seca em forno microondas e posteriormente a TMR foi ajustada.



Figura 2 - Vacas do tratamento de farelo de soja (lote 1 e 3). Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 3 - Vacas do tratamento de farelo de canola (lote 2 e 4). Fonte: Arquivo pessoal.

1

2 Tabela 1 - Composição dos ingredientes das dietas

| Componente                | Silagem de Milho |                  | Casquinha de soja |      | Milho moído |      | Farelo de soja |      | Farelo de canola |      |
|---------------------------|------------------|------------------|-------------------|------|-------------|------|----------------|------|------------------|------|
|                           | Média            | EPM <sup>1</sup> | Média             | EPM  | Média       | EPM  | Média          | EPM  | Média            | EPM  |
| MS, <sup>2</sup> %        | 28,6             | 2,53             | 89,6              | 0,53 | 88,4        | 0,30 | 89,1           | 0,26 | 88,6             | 0,39 |
| MO, <sup>3</sup> % da MS  | 93,9             | 0,09             | 95,2              | 0,11 | 98,1        | 0,06 | 93,3           | 0,06 | 90,5             | 0,35 |
| PB, <sup>4</sup> % da MS  | 9,1              | 0,60             | 12,2              | 0,18 | 9,0         | .    | 51,2           | 0,51 | 42,9             | 3,21 |
| FDN, <sup>5</sup> % da MS | 56,8             | 2,74             | 71,1              | 3,42 | 10,6        | 0,32 | 26,0           | 0,62 | 39,5             | 1,30 |
| Amido, % da MS            | 29,7             | 1,06             | 0,6               | 0,05 | 71,3        | 2,07 | 1,6            | 0,16 | 1,5              | 0,10 |

3 <sup>1</sup>EPM = Erro Padrão da Média.4 <sup>2</sup>MS = Matéria Seca: porcentagem da matéria seca do ingrediente.5 <sup>3</sup>MO = Matéria Orgânica: porcentagem da matéria orgânica em relação à matéria seca.6 <sup>4</sup>PB = Proteína Bruta: porcentagem da proteína bruta em relação à matéria seca.7 <sup>5</sup>FDN = Fibra em Detergente Neutro: porcentagem da fibra em detergente neutro em relação à matéria seca.

8 Amido: porcentagem do amido em relação à matéria seca.

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais contendo farelo de soja (FS) ou farelo de canola (FC) como a principal fonte proteica

| Item                                 | FS   | FC   |
|--------------------------------------|------|------|
| <b>Ingredientes, % de MS</b>         |      |      |
| Silagem de milho                     | 70,1 | 70,1 |
| Casquinha de soja                    | 6,4  | 3,1  |
| Milho moído                          | 9,6  | 9,6  |
| Farelo de soja                       | 11,3 | -    |
| Farelo de canola                     | -    | 14,7 |
| Ureia                                | 0,7  | 0,7  |
| Calcário                             | 0,2  | 0,2  |
| Minerais e vitaminas <sup>1</sup>    | 1,7  | 1,7  |
| <b>Composição</b>                    |      |      |
| MS, % da dieta                       | 42,0 | 45,2 |
| MO, % da MS                          | 92,7 | 92,2 |
| PB, % da MS                          | 16,1 | 16,2 |
| FDN, % da MS                         | 48,3 | 48,6 |
| FDN de forragem, % da MS             | 39,3 | 38,3 |
| Extrato etéreo, <sup>2</sup> % da MS | 2,7  | 3,0  |
| CNF, <sup>3</sup> % da MS            | 26,8 | 25,7 |
| Amido, % da MS                       | 25,1 | 25,1 |
| CNF não amido, <sup>4</sup> % da MS  | 1,7  | 0,6  |

<sup>1</sup>20,5% de Ca; 6,0% de P; 2,0% de Mg; 3,5% de K; 2,0% de S; 7,0% de Na; 15 mg/kg de Co; 700 mg/kg de Cu; 1600 mg/kg de Mn; 2500 mg/kg de Zn; 19 mg/kg de Se; 40 mg/kg de I; 200.000 UI/kg de vitamina A; 50.000 UI/kg de vitamina D; 1.500 UI/kg de vitamina E e 1.000 mg/kg de monensina.

<sup>2</sup>O teor de extrato etéreo das dietas foi obtido a partir dos teores de extrato etéreo de cada alimento oriundo da tabela de composição de nutrientes do NASEM (2021).

<sup>3</sup>CNF = 100 - cinzas - extrato etéreo - FDN - (PB - 0,64 × PB equivalente da ureia). O ajuste para nitrogênio não proteico foi baseado no NASEM (2021).

<sup>4</sup>CNF não amido = CNF - amido.

## 4.2. Procedimentos Experimentais e Coleta de Amostras

As amostras de silagem de milho foram coletadas semanalmente, as amostras dos alimentados concentrados foram coletadas uma vez durante todo o experimento, e as amostras de sobras foram coletadas diariamente. Imediatamente após a coleta, as amostras de silagem de milho e de sobras foram congeladas (-20°C). As amostras de sobras foram agrupadas semanalmente, formando uma composta por lote e por semana. As amostras de silagem de milho e de sobras foram submetidas ao processo de pré-secagem a 55°C por 72 horas e moídas em um moinho do tipo Wiley (Star FT 80, Fortinox - Indústria, Comércio e Serviços, Piracicaba, SP, Brasil) em peneira com malha de 2 mm. Posteriormente, metade de cada amostra foi novamente moída em peneira com malha de 1 mm. As amostras dos alimentos concentrados foram moídas diretamente sem passar pelo processo de pré-secagem. As amostras à 2 mm foram utilizadas para a determinação do conteúdo de FDN não degradada a 240 horas (uFDN240). Após a moagem, as amostras à 2 mm foram colocadas em saquinhos de tecido não tecido (TNT; 100 g/m<sup>2</sup>) com dimensões de 5 cm × 5 cm (VALENTE et al., 2011). As amostras foram colocadas nos saquinhos mantendo uma proporção de 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície (NOCEK, 1988). Essas amostras foram incubadas no rúmen de duas novilhas Nelore canuladas, por 240 horas (VALENTE et al., 2011). As novilhas Nelore (614 ± 4,2 kg de peso corporal) foram alojadas em piquetes individuais com livre acesso à água e alimentadas uma vez ao dia às 07h00. As dietas foram oferecidas como TMR com proporção de forragem e concentrado de 70:30 contendo (com base na MS) 60% de silagem de milho, 15% de milho moído, 20% de grãos secos de destilaria, 1% de ureia, 4% de premix mineral e vitaminas e 14,1% de proteína bruta. Após 240 horas, os saquinhos foram removidos do rúmen e imediatamente imersos em água com gelo para parar a atividade microbiana. Depois disso, os saquinhos foram lavados e secos, e o teor de FDN foi determinado (VAN SOEST et al., 1991). O uFDN240 foi determinado como o FDN que permaneceu nos saquinhos após extração com solução de detergente neutro (VALENTE et al., 2011). As amostras à 1 mm foram utilizadas para analisar o teor de MS (105°C por 24 horas), matéria mineral (queima completa da amostra em um forno de mufla a 600°C por 4 horas) e FDN (VAN SOEST et al., 1991). O teor de amido com a glicose livre foi medido com  $\alpha$ -amilase e amiloglucosidase, seguido a técnica colorimétrica para glicose, adaptado de HALL et al. (2015). O teor de nitrogênio total foi analisado pelo método de DUMAS utilizando o equipamento Leco-FP 828 LC (LECO Corporation, St. Joseph, MI, EUA) e

convertido em proteína bruta usando o fator de 6,25. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados como  $CNF = 100 - \text{matéria mineral} - \text{extrato etéreo} - \text{FDN} - (\text{PB} - 0,64 \times \text{PB equivalente da ureia})$ . O ajuste para nitrogênio não proteico foi feito de acordo com o NASEM (2021).

#### **4.2.1. Amostras de fezes**

As amostras de fezes foram coletadas pela técnica *spot* diretamente do reto das vacas duas vezes ao dia, com um intervalo de 8 horas, durante três dias consecutivos nas semanas 3, 5 e 7. Posteriormente, uma amostra composta semanal foi feita para cada vaca. As amostras de fezes foram secas, moídas e analisadas conforme descrito anteriormente para as amostras de silagem de milho e sobras. Uma subamostra das amostras de fezes úmidas foi obtida para análise de nitrogênio total pelo método de DUMAS e convertida em proteína bruta usando o fator de 6,25.

#### **4.2.2. Consumo de Nutrientes e Digestibilidade Aparente de Nutrientes no Trato Digestivo Total**

O consumo diário de matéria seca e nutrientes (kg/dia) foi calculado determinando a diferença de peso entre a quantidade oferecida e as sobras, dividindo pelo número de vacas de cada piquete. O teor de uFDN240 nas amostras de silagem de milho, sobras e fezes foram utilizados para estimar a produção fecal de MS. A produção fecal de MS (kg/dia) foi calculada para cada piquete dividindo o teor de uFDN240 consumido pelo teor de uFDN240 nas fezes. A digestibilidade aparente de MS, MO, PB, FDN, amido e CNF no trato digestivo total (%) foi calculada dividindo a quantidade de nutrientes digeridos (consumido - excretado nas fezes) pela quantidade de nutrientes consumidos.

#### **4.3. Determinação da produção de leite**

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (07h00 e 14h30) em sala de ordenha em formato de espinha de peixe (Figura 4). A produção de leite foi registrada diariamente ao longo do experimento e as médias de cada vaca foram usadas para comparar os tratamentos.



Figura 4 - Ordenha e registro da produção de leite. Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.4. Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo foi realizado durante o último dia das semanas 4, 6 e 8 por observação visual a cada 10 minutos continuamente por 24 horas (Figura 6). As atividades foram classificadas em: ingerindo, bebendo água, ócio em pé, ócio deitada, ruminando em pé e ruminando deitada. As observações individuais de ingestão foram combinadas e separadas em refeições usando um critério de refeição calculado para cada vaca. O critério de refeição - *meal criteria* (ou seja, o intervalo mínimo de tempo entre refeições para ser considerado uma nova refeição) foi calculado individualmente para cada vaca de acordo com a metodologia de DEVRIES et al. (2003). De forma resumida, os intervalos entre duas observações de ingestão foram transformados em  $\log_{10}$  e a frequência dos intervalos foi ajustada a uma distribuição normal com um software (MIX 3.1.3; MACDONALD & GREEN, 1988). A frequência de refeições (refeições/dia) é o número de refeições diferentes em um dia, e foi calculada contando o número de intervalos que excederam o critério de refeição. O tempo total de refeição (min/dia) é a soma do tempo de ingestão, e foi calculado multiplicando o número de observações de ingestão por dia por 10 minutos e adicionando todos os intervalos não alimentares que foram inferiores ao critério de refeição de cada vaca. A duração da maior refeição diária (min) foi calculada subtraindo o tempo em que a vaca começou a sua maior refeição do horário que o trato da manhã foi realizado. A duração da maior refeição (min) refere-se ao tempo total gasto na maior refeição. A duração da primeira refeição (min) refere-se ao tempo total gasto na primeira refeição consumida pela vaca. O tempo total gasto mastigando (min) foi calculado somando o tempo total de ingestão e o tempo total de ruminação. A proporção da ingestão diária na parte da manhã (06h00 às 12h00), à tarde (12h00 às 18h00) e à noite (18h00 às 06h00) foi determinada.



Figura 5 - Análise de comportamento dos animais do experimento. Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.5. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS (versão 9.4, SAS University Edition, Cary, EUA). Todas as variáveis relacionadas ao consumo de matéria seca (CMS), como o CMS e a digestibilidade aparente dos nutrientes no trato total, e as eficiências alimentares foram analisadas considerando o piquete como unidade experimental, pois o CMS foi medido por piquete. As demais variáveis foram analisadas considerando a vaca como unidade experimental, uma vez que foram coletadas individualmente de cada animal. O modelo utilizado para produção de leite, incluiu o número de dias em lactação (DIM) e o valor da mesma variável ao final do período de covariância como efeitos de covariável. Antes das análises, todos os dados foram testados quanto à normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk, utilizando o procedimento UNIVARIATE. Os dados com distribuição normal foram analisados como medidas repetidas utilizando o procedimento MIXED. Os dados com distribuição não normal foram analisados como medidas repetidas utilizando o procedimento GLIMMIX, ajustando uma distribuição Gama com função de ligação logarítmica.

O modelo incluiu o efeito aleatório de bloco (1–15) e piquete (1–4), e os efeitos fixos de tratamento (SBM ou CM), semana (1–8) e a interação entre tratamento e semana ( $T \times S$ ). A melhor estrutura de covariância foi escolhida com base no menor valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). As estruturas de covariância testadas foram:

autorregressiva de primeira ordem, simetria composta e não estruturada. A significância estatística foi declarada para  $P \leq 0,05$  e tendência para  $P \leq 0,10$ . O teste de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas quando houve efeito significativo de semana ou da interação entre tratamento e semana.

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. Consumo de Nutrientes e Digestibilidade Aparente de Nutrientes no Trato Digestivo Total**

Os resultados do consumo de nutrientes e da digestibilidade aparente de nutrientes no trato digestivo total estão apresentados na Tabela 3. Não foram observadas diferenças significativas ( $P \geq 0,21$ ) no consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), matéria orgânica não proveniente de FDN e amido entre os tratamentos. O consumo de FDN ( $1,5 \pm 0,05\%$ ) e de FDN de forragem (FNDF) como porcentagem do peso vivo ( $1,3 \pm 0,05\%$ ) também não apresentou diferenças ( $P \geq 0,26$ ) entre os tratamentos. Entretanto, os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, FDN, matéria orgânica não proveniente de FDN e amido mostraram variações ao longo do tempo ( $P \leq 0,04$ ), sem interação significativa entre tratamento e semana ( $P \geq 0,99$ ). A digestibilidade aparente da matéria orgânica e da FDN foi maior nas vacas alimentadas com farelo de soja ( $P \leq 0,02$ ). Especificamente, a digestibilidade aparente da matéria orgânica e da FDN foi menor nas vacas alimentadas com farelo de canola em comparação com aquelas que receberam farelo de soja nas semanas 3 (46,0 vs. 49,4%) e 7 (34,2 vs. 36,1%), enquanto não houve diferença na semana 5 (43,3 vs. 44,3%;  $P < 0,01$  para a interação tratamento  $\times$  semana). A digestibilidade aparente dos nutrientes apresentou variações ao longo do tempo ( $P \leq 0,01$ ), exceto para a proteína bruta e o amido. Não houve interação significativa entre tratamento e semana ( $P \geq 0,54$ ) para a digestibilidade aparente dos nutrientes. A produção de leite não apresentou diferenças significativas entre as vacas alimentadas com farelo de soja ou farelo de canola (12,6 vs. 13,5 kg/d;  $P = 0,48$ ), e não houve interação significativa entre tratamento e semana ( $P = 0,54$ ) para a produção de leite.

Tabela 3 - Consumo e digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total de vacas alimentadas com farelo de soja (FS) ou farelo de canola (FC)<sup>1</sup>

| Item               | Tratamentos |      | EPM <sup>2</sup> | Valor de P |        |                     |
|--------------------|-------------|------|------------------|------------|--------|---------------------|
|                    | FS          | FC   |                  | Tratamento | Semana | Tratamento × Semana |
| Consumo, kg/d      |             |      |                  |            |        |                     |
| MS                 | 15,6        | 16,8 | 0,78             | 0,27       | 0,02   | 1,00                |
| MO                 | 14,3        | 15,4 | 0,72             | 0,30       | 0,04   | 1,00                |
| PB                 | 2,5         | 2,7  | 0,13             | 0,23       | <0,01  | 0,99                |
| FDN                | 7,4         | 8,1  | 0,38             | 0,23       | <0,01  | 0,99                |
| MO não-FDN         | 6,9         | 7,3  | 0,26             | 0,33       | 0,01   | 0,97                |
| Amido              | 3,9         | 4,2  | 0,13             | 0,21       | <0,01  | 1,00                |
| Digestibilidade, % |             |      |                  |            |        |                     |
| MS                 | 56,7        | 54,4 | 0,54             | 0,12       | <0,01  | 0,57                |
| MO                 | 59,8        | 57,6 | 0,29             | 0,02       | <0,01  | 1,00                |
| PB                 | 55,1        | 48,3 | 13,80            | 0,79       | 0,97   | 0,94                |
| FDN                | 43,3        | 41,2 | 0,07             | <0,01      | <0,01  | <0,01               |
| MO não-FDN         | 78,0        | 76,6 | 0,44             | 0,14       | 0,35   | 0,54                |
| Amido              | 92,7        | 92,7 | 0,30             | 0,99       | 0,06   | 0,97                |

<sup>1</sup>Todas as variáveis foram analisadas considerando o piquete como a unidade experimental.

<sup>2</sup>EPM = Erro Padrão da Média.

## 5.2. Comportamento Ingestivo

Os resultados do comportamento ingestivo estão apresentados na Tabela 4. As vacas alimentadas com farelo de canola apresentaram maior frequência de refeições ( $P = 0,01$ ) e menor tempo de duração das refeições ( $P = 0,01$ ) em comparação àquelas alimentadas com farelo de soja. O tempo total de refeições, o momento da maior refeição, a duração da maior refeição, a duração da primeira refeição, o tempo de ingestão e o tempo de mastigação não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $P \geq 0,16$ ). O tempo de ruminação das vacas alimentadas com farelo de soja na semana 8 ( $367 \pm 29,4$  min/dia) foi menor em comparação com as semanas 4 ( $474 \pm 29,1$  min/dia) e 6 ( $448 \pm 29,1$  min/dia). Por outro lado, o tempo de ruminação das vacas alimentadas com farelo de canola não apresentou variações significativas entre as semanas (interação tratamento  $\times$  semana;  $P = 0,02$ ; Figura 7). O tempo de ruminação na posição deitada foi maior nas vacas alimentadas com farelo de canola em comparação com as vacas alimentadas com farelo de soja ( $P < 0,01$ ), enquanto o tempo de ruminação em pé não diferiu entre os tratamentos ( $P = 0,14$ ). A proporção da ingestão diária realizada pela manhã foi maior nas vacas alimentadas com farelo de canola do que naquelas alimentadas com farelo de soja ( $P = 0,05$ ). A proporção da ingestão diária realizada à tarde não apresentou diferenças entre os tratamentos ( $P = 0,97$ ). No entanto, a proporção da ingestão diária realizada à noite foi menor nas vacas alimentadas com farelo de canola na semana 8 (14,5%) em comparação com as semanas 4 (24,0%) e 6 (24,5%), sendo também menor em relação às vacas alimentadas com farelo de soja na mesma semana (23,7%;  $P = 0,01$  para a interação tratamento  $\times$  semana; Figura 8). O tempo de frequência e duração das refeições, tempo de ingestão, ruminação e mastigação, ruminação em pé e deitada, e proporção da ingestão diária pela manhã e à noite mostraram efeitos significativos ao longo do tempo ( $P \leq 0,04$ ), mas não houve interação entre tratamento e semana ( $P \geq 0,13$ ).

Tabela 4 - Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com farelo de soja (FS) ou farelo de canola (FC)<sup>1</sup>

| Item                                        | Tratamentos |       | EPM <sup>2</sup> | Valor de P |        |                     |
|---------------------------------------------|-------------|-------|------------------|------------|--------|---------------------|
|                                             | FS          | FC    |                  | Tratamento | Semana | Tratamento × Semana |
| Refeição                                    |             |       |                  |            |        |                     |
| Frequência, refeições/d                     | 4,6         | 5,6   | 0,26             | 0,01       | 0,04   | 0,97                |
| Duração, min/refeição                       | 92,9        | 69,6  | 6,37             | 0,01       | 0,90   | 0,65                |
| Tempo, min/d                                | 400         | 369   | 41,8             | 0,66       | <0,01  | 0,58                |
| Momento da maior refeição, <sup>3</sup> min | 340         | 273   | 38,7             | 0,16       | 0,24   | 0,29                |
| Duração da maior refeição, min              | 170,7       | 157,5 | 18,66            | 0,67       | 0,46   | 0,29                |
| Duração da primeira refeição, min/meal      | 136,7       | 134,9 | 11,43            | 0,92       | 0,62   | 0,24                |
| Mastigação, min/d                           |             |       |                  |            |        |                     |
| Ingestão                                    | 328         | 328   | 13,1             | 1,00       | 0,02   | 0,16                |
| Ruminação                                   | 430         | 462   | 26,7             | 0,49       | <0,01  | 0,02                |
| Mastigação, <sup>4</sup>                    | 760         | 792   | 53,2             | 0,72       | <0,01  | 0,24                |
| Ruminação, min/d                            |             |       |                  |            |        |                     |
| Ruminação na posição em pé                  | 115         | 63    | 16,2             | 0,14       | <0,01  | 0,44                |
| Ruminação na posição deitada                | 313         | 400   | 13,8             | <0,01      | 0,43   | 0,36                |
| Proporção do consumo diário, %              |             |       |                  |            |        |                     |
| 0600-1200 h                                 | 37,7        | 40,9  | 1,14             | 0,05       | <0,01  | 0,13                |
| 1200-1800 h                                 | 38,3        | 38,2  | 2,45             | 0,97       | 0,26   | 0,51                |
| 1800-0600 h                                 | 24,2        | 21,0  | 1,56             | 0,32       | <0,01  | 0,01                |

<sup>1</sup>Todas as variáveis foram analisadas considerando o piquete como a unidade experimental.

<sup>2</sup>EPM = Erro Padrão da Média.

<sup>3</sup>Minutos a partir do primeiro fornecimento das dietas às 0700 h.

<sup>4</sup>Mastigação = ingestão + ruminação.

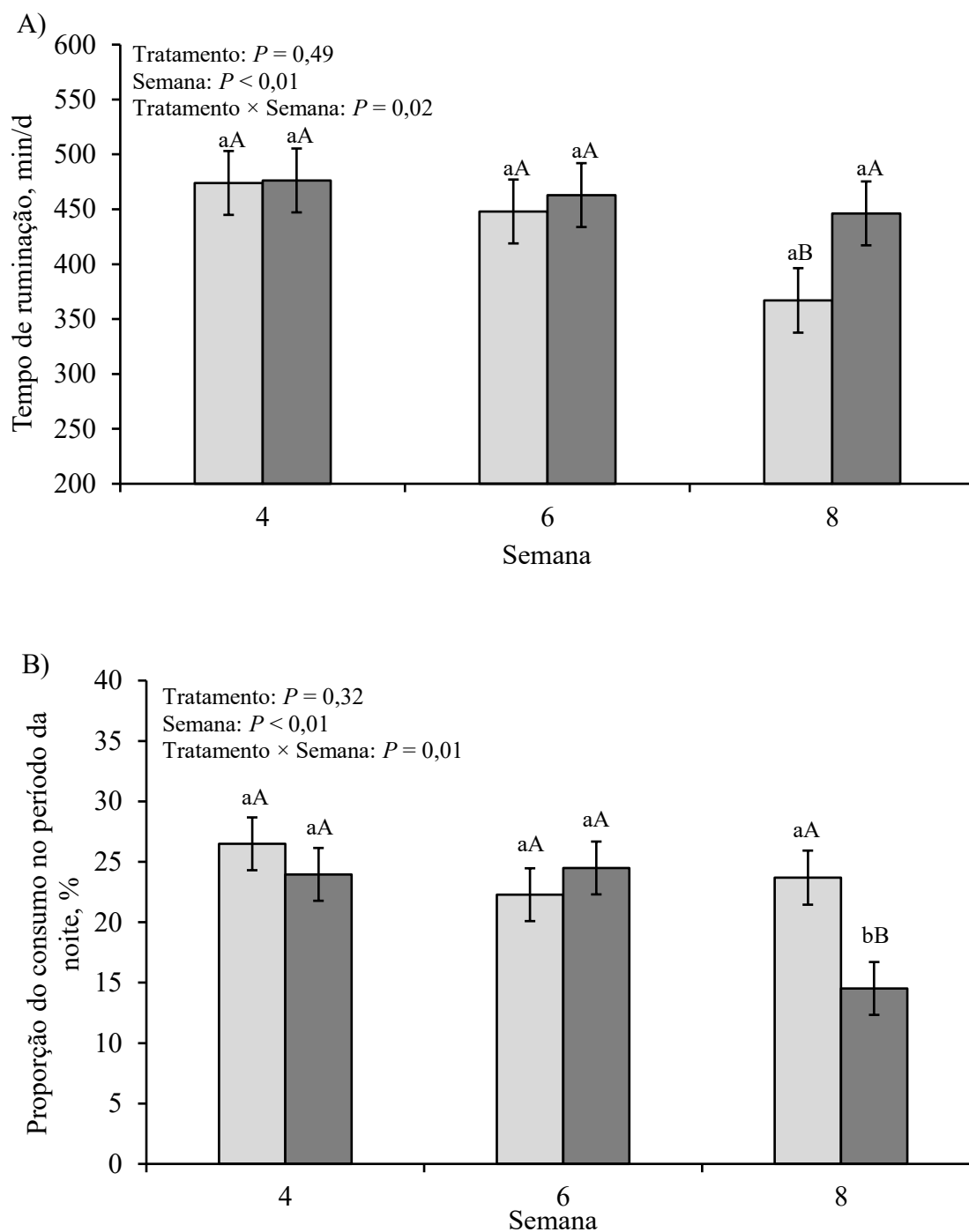


Figura 6 - A) Tempo de ruminação (min/d) e B) proporção do consumo diário no período da noite (%) nos tratamentos de farelo de soja (cinza) ou farelo de canola (preto).

## 6. Discussão

As digestibilidades aparentes do trato total da MO e da FDN foram 2,2 e 2,1% unidades inferiores na dieta com farelo de canola em comparação à dieta de farelo de soja. A silagem de milho foi a principal fonte de fibra em ambas as dietas, com inclusão dietética constante, enquanto a proporção de casquinha de soja foi maior na dieta com farelo de canola. A menor proporção de FDN proveniente da casquinha de soja em relação ao FDN da fonte de proteína (farelo de canola ou farelo de soja) na dieta com farelo de canola pode ter contribuído para a diminuição da digestibilidade do FDN. A casquinha de soja é conhecida por conter fibra altamente digestível, o que pode explicar a menor digestibilidade observada na dieta com farelo de canola.

Os resultados de consumo de matéria seca (CMS) estão em concordância com estudos anteriores (Weiss et al., 2015; Paula et al., 2018; Paula et al., 2020), que não encontraram diferenças no CMS entre vacas alimentadas com dietas com farelo de canola ou farelo de soja. Apesar da menor digestibilidade de MO e FDN, o CMS não foi afetado nas vacas que consumiram dieta com farelo de canola. Huhtanen et al. (2011) sugerem que o aumento na produção de leite em vacas alimentadas com farelo de canola pode ser explicado pelo "efeito pull", onde a demanda energética e proteica da glândula mamária impulsiona o CMS. Em uma meta-análise, Martineau et al. (2014) relataram que vacas alimentadas com farelo de canola apresentaram concentrações plasmáticas mais elevadas de aminoácidos essenciais, o que pode estimular a via mTOR, regulando a síntese de proteínas e a proliferação celular (Coleman et al., 2020; Neinast et al., 2019).

É importante considerar que o comportamento alimentar das vacas leiteiras é influenciado por vários fatores, incluindo a composição da dieta, a presença de fibras, o ambiente de alimentação e o manejo nutricional (ALBRIGHT, 1993). Dentre esses fatores, a composição da dieta é fundamental, pois ela determina a quantidade e a qualidade dos nutrientes disponíveis para os animais. Dietas balanceadas em proteína, energia, vitaminas e minerais são essenciais para garantir o desempenho produtivo e a saúde das vacas. Nesse sentido, a presença de fibras na dieta é vital para promover a mastigação e a ruminação, que são processos importantes para a digestão e a saúde ruminal. A fibra estimula a produção de saliva, que atua como um tampão no rúmen, ajudando a manter o pH adequado para a microbiota ruminal (VAN SOEST, 1994). Além disso, o ambiente de alimentação é crucial para o comportamento ingestivo. Condições

de estresse, como temperaturas extremas ou falta de espaço no cocho, podem reduzir o tempo disponível para a alimentação e a ruminação. Ambientes confortáveis e limpos, que proporcionam segurança e conforto, incentivam o consumo adequado de alimentos. A competição por alimentos também pode afetar o comportamento alimentar, com vacas dominantes consumindo mais do que vacas subordinadas em situações de grupo (ALBRIGHT, 1993). Portanto, é essencial monitorar e gerenciar todos esses fatores para otimizar a saúde e o desempenho das vacas leiteiras. No presente estudo, todos esses aspectos foram rigorosamente ajustados antes do início do experimento e monitorados durante as semanas, garantindo que as vacas fossem alimentadas sob condições padronizadas, o que permitiu a comparação dos tratamentos de forma mais precisa. Dessa forma, as diferenças observadas na frequência de refeições e no tempo de duração das refeições das vacas alimentadas com farelo de canola, que apresentaram maior frequência de refeições e menor duração, podem ser atribuídas diretamente aos efeitos das dietas, afastando a possibilidade de influência de fatores externos.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que as vacas alimentadas com farelo de canola apresentaram uma frequência de refeições significativamente maior em comparação às alimentadas com farelo de soja. Além disso, as vacas que consumiram farelo de canola apresentaram uma menor duração média das refeições em comparação com as vacas que ingeriram farelo de soja. Nós especulamos que a maior frequência de refeições observada nessas vacas foi impulsionada por efeitos regulatórios sobre o consumo de matéria seca, possivelmente devido ao metabolismo oxidativo no fígado a partir de carbonos oxidáveis derivados do catabolismo de aminoácidos (Oba e Allen, 2003). Esse fato pode ter aumentado a produção líquida de ATP pelo fígado, a qual é capaz de suprimir o consumo de matéria seca (Allen, 2000; Allen, 2020). O tempo de ruminação, embora não tenha diferido entre os tratamentos, é geralmente correlacionado com a ingestão de FDN, e não com o teor de FDN da dieta (Beauchemin, 2018). Em nosso estudo, o tempo de ruminação não diferiu entre os tratamentos, o que está de acordo com a ingestão semelhante de FDN e FDN fisicamente efetiva em relação ao peso corporal. A maior proporção da ingestão diária no período da manhã observada nas vacas alimentadas com farelo de canola sugere um efeito distinto em comparação àquelas alimentadas com farelo de soja. As vacas que receberam a dieta com farelo de soja não apresentaram melhor aproveitamento dos aminoácidos no metabolismo tecidual, conforme indicam os valores de peso corporal (561 vs. 544 kg;  $P = 0,01$ ) e de nitrogênio ureico no leite (13,1

vs. 16,3;  $P < 0,01$ ; para as vacas alimentadas farelo de soja e farelo de canola, respectivamente). Provavelmente, nesses animais, os aminoácidos foram direcionados à gliconeogênese e ao catabolismo. Vale destacar que o aumento na oferta de aminoácidos, por si só, não garante melhorias na eficiência de utilização do nitrogênio. Quando a proteína metabolizável não apresenta um perfil de aminoácidos adequado às exigências do animal, ocorre maior catabolismo de aminoácidos e aumento na excreção de nitrogênio, sem ganhos em eficiência (Arriola Apelo et al., 2014). O farelo de soja, por ser deficiente em metionina, não apresenta um perfil ideal de aminoácidos para vacas leiteiras (Schwab, 2010). Em contraste, o farelo de canola é a fonte proteica vegetal cujo perfil de aminoácidos mais se assemelha ao do leite (Evans e Wood, 2023). Aminoácidos podem ser oxidados no ciclo de Krebs e podem reduzir o consumo de matéria seca (Allen, 2020). Diante disso, é provável que vacas alimentadas com a dieta contendo farelo de soja tenham consumido maior quantidade de nitrogênio no período da manhã, o que pode ter contribuído para o aumento da oxidação de aminoácidos a Acetil-CoA, resultando em menor proporção de ingestão nos períodos subsequentes do dia. Os resultados da duração da maior refeição e da primeira refeição não revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, o que sugere que, independentemente do tipo de fonte proteica utilizada, as vacas mantiveram um padrão de comportamento consistente em relação a essas variáveis. Portanto, os resultados obtidos neste estudo indicam que a substituição do farelo de soja pelo farelo de canola pode influenciar o comportamento de vacas leiteiras, sem afetar o consumo de matéria seca e a produção de leite. Esses resultados reforçam a importância de considerar não apenas a composição nutricional das dietas, mas também como elas impactam o comportamento ingestivo. A otimização do comportamento alimentar das vacas leiteiras pode levar a melhorias significativas na produção e na eficiência dos sistemas de produção leiteira.

Os preços atuais do leite, farelo de soja, farelo de canola e casquinha de soja foram considerados, com o leite a R\$ 2,53 por litro (de acordo com o site CEPEA no dia 31/08/2025), o farelo de soja a R\$ 1,55 por kg (de acordo com o site AGROLINK no dia 31/08/2025), o farelo de canola a R\$ 0,74 por kg de (acordo com o site da CONAB no dia 31/08/2025) e a casquinha de soja a R\$ 1,50 por kg (de acordo com o site AGRO2BUSINESS no dia 31/08/2025). É importante ressaltar que os cálculos apresentados não incluem o frete dos produtos, o que pode impactar os custos finais e que os outros ingredientes entraram nas mesmas proporções nas duas dietas por isso não estão

inclusos nesse cálculo. Os resultados mostraram que as vacas alimentadas com farelo de soja tiveram uma produção média de 12,6 kg/dia de leite, resultando em uma receita de R\$ 31,88 por dia. O custo total da dieta com farelo de soja foi de R\$ 27,17, resultando em um lucro de R\$ 4,71 por vaca ao dia. Por outro lado, as vacas alimentadas com farelo de canola apresentaram uma produção média de 13,5 kg/dia, resultando em uma receita de R\$ 34,16 por dia. O custo total da dieta com farelo de canola foi consideravelmente menor, a R\$ 15,53, o que propiciou um lucro de R\$ 18,63 por vaca ao dia. Esses dados indicam que a inclusão do farelo de canola na dieta das vacas leiteiras não apenas reduz os custos com alimentação, mas também aumenta significativamente a rentabilidade da produção leiteira. Portanto, a substituição do farelo de soja pelo farelo de canola pode ser uma estratégia viável e sustentável para otimizar a produtividade e a eficiência econômica nos sistemas de produção de leite.

## **6. CONCLUSÃO**

O farelo de canola suporta consumo de matéria seca e produção de leite semelhante ao farelo de soja. As vacas alimentadas com farelo de canola tiveram maior frequência de refeições, tempo de ruminação na posição deitada e proporção de ingestão diária pela manhã. A digestibilidade da matéria orgânica e da fibra em detergente neutro foi inferior na dieta com farelo de canola e não foram observadas diferenças significativas no consumo de matéria seca e na produção de leite entre os tratamentos. A utilização do farelo de canola é uma alternativa viável e promissora para a alimentação de vacas leiteiras, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção leiteira.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 48s-498, 1993.

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. Review: Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: Integration of homeostasis and homeorhesis. *Animal*, v. 14, p. S55-S64, 2020.

ARRIOLA APELO, S. I.; KNAPP, J. R.; HANIGAN, M. D. Invited review: Current representation and future trends of predicting amino acid utilization in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 7, p. 4000-4017, 2014.

BARRETA, D. A. Tamanho médio de partícula da dieta: determinação, interpretação e efeitos para vacas leiteiras. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, v. 18, e18102, 2020. DOI: 10.7213/2596-2868.2020.18102.

BEAUCHEMIN, K. A.; BUCHANAN-SMITH, J. G. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 72, p. 2288, 1989.

BEAUCHEMIN, K. A. The role of chewing in the digestion of forages by ruminants. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 1, p. 1-14, 2018.

BERNABUCCI, U. et al. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, v. 4, n. 7, p. 1097-1109, jul. 2010.

BRODERICK, G. A.; FACIOLA, A. P.; ARMENTANO, L. E. Replacing dietary soybean meal with canola meal improves production and efficiency of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 98, p. 5672–5687, 2015.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. *Canola Meal Dairy Feed Guide*. 6th ed. Canola Council of Canada, 2019.

COLEMAN, D. N.; LOPREIATO, V.; ALHARTHI, A.; LOOR, J. J. Aminoácidos e a regulação do estresse oxidativo e da função imunológica em bovinos leiteiros. *Journal of Animal Science*, 2020.

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 77, n. 1, p. 132-144, 1994.

DEVRIES, T. J.; KEYSERLINGK, M. A. G. von; WEARY, D. M.; BEAUCHEMIN, K. A. Measuring the feeding behavior of lactating dairy cows in early to peak lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 3354-3361, 2003.

EVANS, E.; WOOD, B. Canola meal as a feed ingredient for lactating dairy cows. *Journal of Advances in Dairy Research*, v. 11, p. 625, 2023.

FISCHER, A.; WANG, X.; WEST, J. Effects of heat stress on rumination and feeding behavior in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 10, p. 1-10, 2014.

FERREIRA, P. M.; CARVALHO, A. U.; FACURY-FILHO, E. J.; FERREIRA, M. G.; FERREIRA, R. G. Afecções do sistema locomotor dos bovinos. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE BUIATRIA, 2., 2005, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2005.

GREEN, L. E.; HEDGES, V. J.; SCHUKKEN, Y. H.; BLOWEY, R. W.; PACKINGTON, A. J. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p. 2250–2256, 2002.

HALL, M. B. et al. Determination of dietary starch in animal feeds and pet food by an enzymatic-colorimetric method: Collaborative study. *Journal of the AOAC International*, v. 98, p. 397-409, 2015.

HUHTANEN, P.; HETTA, M.; SWENSSON, C. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science*, 2011.

LIMA SOARES, A. K. de A.; BERNIERI, E. M.; FRAGOSO, T. L.; PIMENTEL, M. M. L. Impacto das doenças podais na criação de vacas leiteiras: Revisão de literatura. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 13, n. 2, p. 304–319, abr./jun. 2019. ISSN: 1981-2965.

JOHNSTON, C.; DEVRIES, T. J. Short communication: Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 101, p. 3367–3373, 2018.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N. Estresse térmico em vacas leiteiras lactantes: uma revisão. *Produção Pecuária*, 2002.

MACDONALD, P. D. M.; GREEN, P. E. User's Guide to Program MIX: An Interactive Program for Fitting Mixtures of Distributions. Release 2.3, January 1988. Ichthus Data Systems.

MARTINEAU, R.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 3, p. 1701-1714, 2013.

MARTINEAU, R.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. The effect of feeding canola meal on concentrations of plasma amino acids. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 3, p. 1603-1610, 2014.

MELO, A. F. et al. Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: Revisão. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 10, n. 10, p. 721-730, 2016.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, n. 5, p. 1463-1481, 1997.

MISSIO, R. L. et al. Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 4, p. 813-820, 2010.

NEINAST, M.; MURASHIGE, D.; ARANY, Z. Branched chain amino acids. 2019.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p. 2051-2069, 1988.

NASEM (National Academies of Sciences Engineering and Medicine). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. The National Academies Press, Washington, DC, 2021.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 174-183, 2003.

PAULA, E. M. et al. Effects of replacing soybean meal with canola meal or treated canola meal on ruminal digestion, omasal nutrient flow, and performance in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 101, p. 328-339, 2018.

PAULA, E. M. et al. Feeding canola, camelina, and carinata meals to ruminants. *Animals*, v. 9, n. 10, p. 704, 2019.

PAULA, E. M.; BRODERICK, G. A.; FACIOLA, A. P. Effects of replacing soybean meal with canola meal for lactating dairy cows fed 3 different ratios of alfalfa to corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 103, p. 1463-1471, 2020.

PEREIRA, J. C. C. *Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L. H.; et al. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 92, n. 5, p. 1986-1997, 2009.

Rinne, M.; Kuoppala, K.; Ahvenjärvi, S.; Vanhatalo, A. Dairy cow responses to graded levels of rapeseed and soya bean expeller supplementation on a red clover/grass silage-based diet. *Animal*, v. 9, n. 12, p. 1958–1969, dez. 2015.

SCHWAB, C. G. The principles of balancing diets for amino acids and their impact on N utilization efficiency. In: Proceedings of the 23rd Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville, FL, 2010. p. 1-15.

SILVA, M. A. F. *Podologia em bovinos: conceitos basilares*. 2009. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) — Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

LINNEMANN, C. C.; et al. Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, v. 85, n. 1, p. 236–250, 2002.

VALENTE, T. N. P. et al. Evaluation of ruminal degradation profiles of forages using bags made from different textiles. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 2565-2573, 2011.

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*, v. 74, p. 3583–3597, 1991.

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

WEISS, W. P.; WYATT, D. J.; KLEINSCHMIT, D. H.; SOCHA, M. T. Effect of including canola meal and supplemental iodine in diets of dairy cows on short-term changes in iodine concentrations in milk. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 7, p. 4841-4849, 2015.

WEST, J. W. Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 77, n. 7, p. 2091-2102, 1994.

WEST, J.W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 2131-2144, 2003.