

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

MARIA VICTORIA VIEGAS DE MORAIS TEIXEIRA

**FARELO DE TRIGO, PALMA FORRAGEIRA *IN NATURA* E FARELO DE PALMA
FORRAGEIRA COMO ALTERNATIVAS AO FUBÁ DE MILHO NO
CONCENTRADO PARA CABRAS EM LACTAÇÃO**

RECIFE

2026

MARIA VICTORIA VIEGAS DE MORAIS TEIXEIRA

**FARELO DE TRIGO, PALMA FORRAGEIRA *IN NATURA* E FARELO
DE PALMA FORRAGEIRA COMO ALTERNATIVAS AO FUBÁ DE
MILHO NO CONCENTRADO PARA CABRAS EM LACTAÇÃO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Área da concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Coorientadora: Dra. Michelle Christina Bernardo de Siqueira

RECIFE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

T266f

Teixeira, Maria Victoria Viegas de Moraes.

Farelo de trigo, palma forrageira in natura e farelo de palma forrageira como alternativas ao fubá de milho no concentrado para cabras em lactação / Maria Victoria Viegas de Moraes Teixeira. – Recife, 2026.

36 f.; il.

Orientador(a): Marcelo de Andrade Ferreira.

Co-orientador(a): Michelle Christina Bernardo de Siqueira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Caprinocultura leiteira. 2. Leite - Nutrientes. 3. Leite - Composição. 4. Desempenho I. Ferreira, Marcelo de Andrade, orient. II. Siqueira, Michelle Christina Bernardo de, coorient. III. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**FARELO DE TRIGO, PALMA FORRAGEIRA *IN NATURA* E FARELO
DE PALMA FORRAGEIRA COMO ALTERNATIVAS AO FUBÁ DE
MILHO NO CONCENTRADO PARA CABRAS EM LACTAÇÃO**

Dissertação elaborada por
MARIA VICTORIA VIEGAS DE MORAIS TEIXEIRA

Aprovado em

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof. Dr. Adriano Henrique do Nascimento Rangel

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Profª. Dra. Luciana Felizardo Pereira Soares

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dedico essa dissertação aos meus pais, Glauce de Melo Viegas Teixeira e Fabio de Moraes Teixeira por serem meus exemplos de força e perseverança nos momentos mais adversos da vida, amo vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e coragem para conseguir percorrer essa jornada desafiadora.

À minha família. Meus pais, Glauce e Fabio, meu irmão, Victor, por serem minha base, meus exemplos e sempre terem acreditado em mim até mesmo quando eu não acreditava.

Ao meu namorado, por ter sido o meu maior apoiador e incentivador durante toda a trajetória do mestrado.

À FACEPE, pelo fomento da bolsa ao longo dos 2 anos em que trabalhei com a pesquisa durante o mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Marcelo, que sempre me auxiliou, direcionou e orientou durante todo o decorrer do mestrado. Obrigada pela paciência e conselhos, ter tido o senhor como orientador foi fundamental para o meu crescimento pessoal e profissional.

A minha coorientadora Dra. Michelle, pela ajuda durante vários momentos das análises da minha pesquisa e sanar minhas dúvidas. Você é um exemplo de dedicação e alegria na vida de todos.

Ao professor Francisco, que auxiliou de forma direta a execução do meu experimento e dos seus orientados. Seus conselhos e ajudas foram fundamentais.

Aos meus colegas de trabalho que dividiram uma boa parte da trajetória comigo, Raquel e Ayrton. Obrigada por toda a ajuda antes e durante o período de experimento, o auxílio de vocês foi essencial para execução do experimento. Além disso, agradecer a seu Pedro, por ter me ajudado todos os dias do experimento, você é um exemplo de força.

Aos meus amigos do coração, que estão comigo desde a época de graduação, Adrielle, Isla, Elton e Vitória, vocês são uma parte essencial de mim e que graças a vocês a minha trajetória foi um pouco mais leve e feliz, amo vocês. Aos amigos que fiz durante o mestrado, Webert, Yasmin, Gildo, Gabriela, Isaque, Ygor e Rodrigo, pessoas incríveis e que espero levar a amizade para toda a vida.

Aos meus amigos de longa data, Emerson, João Victor, Sami e Vitor, por comemorarem minhas vitórias como se fossem deles e terem sido meu alívio cômico em dias em que eu não via luz no fim do túnel, amo vocês.

Ao GEPAF, grupo de estudos do professor Marcelo, que me ajudou imensamente durante toda a minha trajetória, no trabalho braçal, análises, nas conversas acadêmicas e confraternizações animadas.

A todos os professores e colegas do departamento que me ajudaram de forma direta ou indireta durante todo o meu percurso, a minha sincera gratidão.

Até mesmo a sombra precisa de luz para existir.

Stray Kids

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de quatro fontes de energia no concentrado para cabras em lactação sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, o comportamento ingestivo, a produção e a composição do leite, bem como o perfil de ácidos graxos da gordura do leite. O experimento foi conduzido no setor de Caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado no município de Recife. Foram utilizadas oito cabras da raça Saanen em lactação, com peso corporal médio de $55,0 \pm 3,5$ kg e produção média de $1,5 \pm 0,25$ kg de leite por dia. Os animais foram distribuídos em dois quadrados latinos simultâneos 4×4 , de acordo com a fonte de energia: fubá de milho (FM), farelo de trigo (FT), palma *in natura* (PIN) e farelo de palma forrageira (FP). Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação e sete dias destinados à coleta de dados e amostras. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento MIXED do programa Statistical Analysis System, e as médias foram comparadas pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$). De modo geral, o tratamento com farelo de palma forrageira proporcionou menores consumos de nutrientes, com destaque para proteína bruta (0,18 kg/dia) e nutrientes digestíveis totais (0,82 kg/dia). A digestibilidade dos nutrientes não foi influenciada pelas fontes de energia avaliadas. O tempo de ruminação foi menor para os animais que receberam farelo de palma forrageira (356,5 minutos/dia). A produção de leite, sem e com correção, foi menor no tratamento com farelo de palma em comparação aos tratamentos com milho e farelo de trigo (1,17 e 1,22 kg/dia). Em relação ao perfil de ácidos graxos do leite, a utilização de palma *in natura* e do farelo de palma favoreceu a redução de ácidos graxos saturados, como o C18:0 e o aumento de ácidos graxos ômega-3, favorecendo um perfil lipídico potencialmente mais benéfico à saúde humana. Conclui-se que o farelo de palma não mostrou-se adequado como fonte energética no concentrado para cabras da raça Saanen em lactação, uma vez que sua inclusão na dieta resultou em menor desempenho produtivo quando comparada às demais fontes energéticas avaliadas. No entanto, tanto a palma *in natura* quanto o farelo de palma promoveram alterações no perfil de ácidos graxos da gordura do leite, resultando em um perfil lipídico potencialmente mais favorável ao consumo humano.

Palavras-chaves: caprinocultura; desempenho; consumo de nutrientes; composição do leite.

WHEAT BRAN, FRESH FORAGE CACTUS, AND FORAGE CACTUS BRAN AS ALTERNATIVES TO CORNMEAL IN THE CONCENTRATE FOR LACTATING GOATS.

This study aimed to evaluate the effects of four energy sources in the concentrate for lactating goats on nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, milk production and composition, as well as the fatty acid profile of milk fat. The experiment was conducted at the Small Ruminant Production Unit of the Department of Animal Science at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), located in Recife, Brazil. Eight lactating Saanen goats, with an average body weight of $55,0 \pm 3,5$ kg and average milk production of $1,5 \pm 0,25$ kg/day, were used. The animals were distributed in two simultaneous 4×4 Latin squares, according to the energy source: cornmeal (CM), wheat bran (WB), fresh forage cactus (FC), and forage cactus bran (FCB). Each experimental period lasted 21 days, with 14 days for adaptation and seven days for data and sample collection. Data were analyzed using the MIXED procedure of the Statistical Analysis System, and means were compared by Dunnett's test ($P < 0.05$). In general, the treatment with forage cactus bran resulted in lower nutrient intake, especially crude protein (0.18 kg/day) and total digestible nutrients (0.82 kg/day). Nutrient digestibility was not affected by the evaluated energy sources. Rumination time was reduced in animals fed forage cactus bran (356.5 min/day). Milk production, both uncorrected and corrected, was lower in the forage cactus bran treatment compared to cornmeal and wheat bran (1.17 and 1.22 kg/day, respectively). Regarding the milk fatty acid profile, the inclusion of fresh forage cactus and forage cactus bran reduced saturated fatty acids, such as C18:0, and increased omega-3 fatty acids, resulting in a potentially more beneficial lipid profile for human health. It can be concluded that forage cactus bran is not suitable as an energy source in the concentrate for lactating Saanen goats, as its inclusion in the diet resulted in lower productive performance compared to the other evaluated energy sources. However, both fresh forage cactus and forage cactus bran promoted changes in the milk fatty acid profile, leading to a lipid profile potentially more favorable for human consumption.

Keywords: dairy goat production; performance; nutrient intake; milk composition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Secagem da palma forrageira ao ar livre.....	22
Figura 2. Farelo de palma após secagem e moagem.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos ingredientes (g/kg MS).	20
Tabela 2. Composição químico-bromatológica das dietas experimentais (g/kg MS).	21
Tabela 3. Percentual (g/100 g de AG total) dos ingredientes presentes nas dietas experimentais.	23
Tabela 4. Consumo e digestibilidade dos nutrientes.	26
Tabela 5. Comportamento ingestivo.	28
Tabela 6. Produção e composição do leite de cabras	28
Tabela 7. Ácidos graxos C18 (g/100 g de AG total) de cabras alimentadas com as dietas experimentais.	29
Tabela 8. Somatório (g/100 de AG total) dos grupos de ácidos graxos de cabras alimentadas com as dietas experimentais.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AGCM	Ácidos graxos de cadeia média
CNF	Carboidratos não fibrosos
EE	Extrato etéreo
FAME	Ésteres metílicos de ácidos graxos
FDN	Fibra em detergente neutro
FDNi	Fibra em detergente neutro indigestível
FM	Fubá de milho
FP	Farelo de palma
FT	Farelo de trigo
GIMEX	Gérmem Integral de Milho Extra Gordo
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
PB	Proteína bruta
PIN	Palma <i>in natura</i>
PLCG	Produção de leite corrigida para gordura
PSMF	Produção de matéria seca fecal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Panorama atual da caprinocultura brasileira	15
2.2 Caprinocultura leiteira brasileira	16
2.3 Composição e qualidade nutricional do leite caprino.....	16
2.4 Milho e trigo como concentrados energéticos.....	17
2.5 Benefícios e limitações da palma forrageira na nutrição de ruminantes.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Local do experimento	20
3.2 Animais, manejo e dietas experimentais	20
3.3 Ensaio de consumo dos nutrientes.....	23
3.4 Comportamento ingestivo	24
3.5 Produção de leite	24
3.6 Composição do leite	25
3.7 Perfil de ácidos graxos do leite.....	25
3.8 Análise estatística	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1

2 1. INTRODUÇÃO

3

4 A caprinocultura leiteira é amplamente difundida no Nordeste do Brasil, detendo o
5 destaque como a principal região produtora de leite caprino no país, embora as demais regiões
6 também apresentem crescimento contínuo da atividade, especialmente como alternativa de
7 geração de renda para pequenos produtores (IBGE, 2021). Nesse cenário, a produção de leite
8 assume papel relevante na economia nordestina, não apenas pela comercialização do leite *in*
9 *natura*, mas também pelo fortalecimento da cadeia produtiva por meio da fabricação de
10 derivados lácteos (Oliveira, 2020). Além disso, o leite caprino possui elevado valor
11 nutricional, sendo rico em compostos bioativos associados a benefícios à saúde, o que reforça
12 sua importância como alimento com propriedades funcionais e nutracêuticas (Silva, 2020)

13 Entretanto, apesar da relevância produtiva e socioeconômica da caprinocultura
14 leiteira, a atividade enfrenta desafios relacionados ao custo alimentar, sobretudo em função
15 do uso de concentrados e da elevada dependência do milho como principal fonte energética.
16 Essa dependência torna os sistemas produtivos vulneráveis às oscilações de preço e à
17 disponibilidade desse insumo, problema que se agrava nas condições do semiárido, onde há
18 limitações na produção de forragens e grãos. Nesse contexto, torna-se essencial a busca por
19 fontes energéticas alternativas que possam reduzir os custos de produção e aumentar a
20 sustentabilidade dos sistemas, sem comprometer o desempenho produtivo dos animais
21 (Holanda et al., 2020).

22 Com isso, ingredientes normalmente utilizados em concentrados, como milho e trigo,
23 são amplamente empregados na alimentação de ruminantes devido ao seu elevado teor
24 energético e à capacidade de atender às exigências nutricionais de animais em lactação.
25 Entretanto, a dependência desses ingredientes pode elevar os custos de produção, especialmente
26 em regiões semiáridas, estimulando a busca por alternativas alimentares que possam substituir
27 parcial ou totalmente essas fontes energéticas (Neumann et al., 2021; Wang et al., 2024)

28 Dentre essas alternativas, destaca-se a palma forrageira, forrageira amplamente
29 adaptada às condições do semiárido, caracterizada pela elevada produção de biomassa, alta
30 eficiência no uso da água e importante valor energético. Além de fornecer energia na dieta de
31 ruminantes, a palma forrageira pode influenciar na produção e composição do leite, incluindo
32 o perfil de ácidos graxos da gordura do leite (Dutra et al., 2024).

33 Nesse contexto, surge o farelo de palma, subproduto obtido a partir do processo de
34 desidratação e moagem da palma forrageira, que apresenta potencial para utilização na
35 alimentação de ruminantes como alternativa às fontes energéticas tradicionais. Além de seu
36 valor nutricional, sua utilização pode representar uma estratégia promissora para modificar o
37 perfil de ácidos graxos do leite, considerando que a palma forrageira *in natura* tem sido
38 associada a possíveis alterações no processo de biohidrogenação ruminal (Santos, 2025).

39 Dessa forma, hipotetizou-se que diferentes fontes energéticas no concentrado não
40 afetariam o desempenho e produção de cabras da raça Saanen em lactação.

41 Objetivou-se avaliar o efeito do fubá de milho, farelo de trigo, palma forrageira *in*
42 *natura* e farelo de palma forrageira, como fontes de energia no concentrado sobre o consumo e
43 digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, produção e composição do leite e
44 perfil de ácidos graxos do leite de cabras da raça Saanen.

45

46 **2. REVISÃO DE LITERATURA**

47

48 **2.1 Panorama atual da caprinocultura brasileira**

49 A cadeia produtiva da caprinocultura é composta principalmente pela produção de
50 carne, leite e pele. Entretanto, a comercialização da carne e da pele ainda enfrenta limitações
51 decorrentes da ausência de uma cadeia produtiva plenamente organizada, uma vez que grande
52 parte dos abates ocorre de forma clandestina. No que se refere à cadeia de produção da pele,
53 um dos principais entraves está relacionado à reduzida quantidade de curtumes disponíveis, o
54 que compromete o adequado beneficiamento desse subproduto (Barbosa et al., 2021).

55 De acordo com dados do IBGE, o rebanho caprino brasileiro foi estimado em
56 aproximadamente 13,3 milhões de animais em 2024, alcançando um recorde histórico e
57 representando um aumento de 3,1% em relação ao ano anterior. A região Nordeste se destaca
58 por concentrar a maior parte desse efetivo, com cerca de 96,3% do total de caprinos do país.
59 Entre os estados nordestinos, a Bahia apresenta o maior número de animais (4.202.085
60 cabeças), seguida por Pernambuco, com aproximadamente 3.417.381 caprinos.

61 Nesse contexto, a caprinocultura leiteira tem se destacado como um dos segmentos mais
62 promissores da atividade, especialmente em regiões semiáridas, onde a criação de caprinos
63 representa importante alternativa econômica para pequenos produtores.

64 **2.2 Caprinocultura leiteira brasileira**

65 A cadeia produtiva de ruminantes apresenta diversos segmentos de destaque, entre os
66 quais se sobressai a caprinocultura leiteira, que desempenha importante papel socioeconômico
67 ao atuar como fonte de renda e de alimentos, além de contribuir para a sustentabilidade de
68 pequenos produtores (Da Silva, 2020). O sistema de produção de caprinos apresenta elevado
69 potencial para a ampliação da produção de leite e de seus derivados. Entretanto, ainda são
70 necessários maiores estímulos ao consumo desse produto, bem como ações de divulgação e
71 realização de eventos voltados ao setor, fatores que poderiam impulsionar o desenvolvimento
72 da cadeia produtiva do leite caprino no Brasil (Vieira Filho, 2022).

73 A caprinocultura leiteira no Nordeste é caracterizada por abranger boa parcela de
74 pequenos e médios produtores. Essa região é conhecida por possuir condições edafoclimáticas
75 próprias, com altas temperaturas e má distribuição de chuvas ao longo do ano, afetando
76 diretamente a disponibilidade de alimentos de qualidade para a produção animal em
77 determinados períodos do ano (De Vasconcelos et al., 2025).

78

79 **2.3 Composição e qualidade nutricional do leite caprino**

80 O leite caprino possui grande importância nutricional, sendo reconhecido por sua
81 digestibilidade e composição equilibrada de nutrientes, incluindo proteínas de alto valor
82 biológico, lipídios, vitaminas e minerais. Entre os constituintes do leite, a fração lipídica se
83 destaca como um dos principais fatores na determinação de sua qualidade nutricional, uma vez
84 que esses componentes estão envolvidos tanto na produção quanto na qualidade de derivados
85 lácteos, especialmente queijos, além de influenciarem características sensoriais como coloração
86 e sabor dos produtos (Delacroix-Buchet & Lamberet, 2000).

87 Nesse contexto, o perfil de ácidos graxos da gordura do leite é considerado um importante
88 indicador qualitativo desse alimento, pois determinados ácidos graxos podem exercer efeitos
89 benéficos à saúde humana. A dieta exerce papel fundamental na modulação do perfil de ácidos
90 graxos do leite, especialmente o ômega-3 e o ácido linoleico conjugado (CLA). Os lipídios da
91 dieta passam pela biohidrogenação ruminal, processo que é diretamente influenciado pelo
92 ambiente ruminal e atividade dos microrganismos. Mudanças na dieta podem alterar esse
93 processo, favorecendo a formação e passagem de intermediários como o ácido vacênico,

94 percursos do CLA, além de aumentar o escape de ácidos graxos poli-insaturados para a
95 incorporação no leite (Lock & Bauman, 2004; Shingfield et al., 2013).

96 Além disso, o leite caprino apresenta características estruturais que contribuem para sua
97 elevada digestibilidade quando comparado ao leite bovino, destacando-se o menor tamanho dos
98 glóbulos de gordura. Essa característica favorece a ação das enzimas digestivas e a absorção
99 dos lipídios pelo organismo. Adicionalmente, cerca de 20% dos ácidos graxos presentes no leite
100 de cabras são de cadeia curta (C4:0 – C12:0), compostos que apresentam rápida digestão e
101 metabolização no organismo (Jenness, 1980).

102 Associado a essas características, o leite caprino também se destaca pela presença de
103 compostos bioativos, como peptídeos, ácidos graxos e oligossacarídeos, que podem contribuir
104 para a promoção da saúde humana. De acordo com Araújo et al. (2019), esses compostos
105 apresentam diferentes propriedades funcionais, auxiliando na redução de problemas
106 relacionados a distúrbios gastrointestinais e cardiovasculares. Diante da importância do leite
107 caprino para a saúde humana, estratégias nutricionais capazes de modificar a composição do
108 leite têm sido amplamente investigadas.

109

110 **2.4 Milho e trigo como concentrados energéticos**

111 Os cereais constituem importantes fontes de energia na alimentação de ruminantes,
112 sendo amplamente utilizados na formulação de concentrados, especialmente em dietas
113 destinadas a fêmeas em lactação, em razão das elevadas exigências nutricionais associadas à
114 produção de leite. Entre esses ingredientes, o fubá de milho e o trigo destacam-se pelo elevado
115 teor de amido, que é fermentado no rúmen e convertido em ácidos graxos voláteis, importantes
116 precursores energéticos para os ruminantes, contribuindo para o atendimento das demandas
117 energéticas e para a manutenção do desempenho produtivo dos animais (Neumann et al., 2021).

118 O milho é considerado um dos principais ingredientes energéticos utilizados em dietas
119 para ruminantes, devido ao seu alto valor energético, elevada digestibilidade e ampla
120 disponibilidade, sendo frequentemente incluído em concentrados destinados a vacas leiteiras
121 para suprir as exigências energéticas associadas à lactação (Kang et al., 2021). De forma
122 semelhante, o trigo e seus subprodutos, como o farelo de trigo, também podem ser utilizados
123 como fontes energéticas na alimentação de ruminantes, apresentando elevada degradabilidade
124 ruminal do amido e potencial para substituir parcialmente outros grãos energéticos nas dietas,

125 sem comprometer o consumo, a produção ou a composição do leite quando utilizados em níveis
126 adequados (Garner et al., 2022; Macedo, 2023).

127 Entretanto, apesar das vantagens nutricionais, o uso de cereais como milho e trigo na
128 alimentação de ruminantes está diretamente associado à elevada volatilidade de preços e à forte
129 competição com o mercado de consumo humano, o que pode limitar seu uso, especialmente em
130 sistemas de produção localizados em regiões mais vulneráveis, como o semiárido. Nesse
131 contexto, a busca por ingredientes alternativos, de menor custo e maior disponibilidade
132 regional, torna-se estratégica para a sustentabilidade dos sistemas produtivos (FAO, 2022)

133 A palma forrageira e seus coprodutos, como o farelo de palma, destacam-se como
134 potenciais substitutos desses cereais, por apresentarem elevada disponibilidade nas regiões
135 semiáridas, boa adaptação às condições edafoclimáticas adversas e capacidade de fornecer
136 energia na dieta dos ruminantes. Além disso, por não competirem diretamente com a
137 alimentação humana, esses ingredientes representam uma alternativa para a redução dos custos
138 alimentares, mantendo o desempenho produtivo dos animais e contribuindo para sistemas mais
139 resilientes e economicamente viáveis (Ben Salem, 2010; Dubeux Júnior et al., 2017).

140

141 **2.5 Benefícios e limitações da palma forrageira na nutrição de ruminantes**

142 O sucesso da cadeia produtiva animal está diretamente relacionado ao fornecimento
143 adequado de nutrientes aos animais. Em regiões semiáridas, o uso de forrageiras adaptadas às
144 condições ambientais adversas torna-se fundamental para garantir a manutenção da produção e
145 o desempenho produtivo dos rebanhos. Nesse contexto, a palma forrageira, destaca-se como
146 um importante recurso alimentar, desempenhando papel relevante no suprimento de nutrientes
147 aos animais, especialmente durante os períodos mais críticos do ano. Essa capacidade está
148 associada ao seu metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), que permite a abertura dos
149 estômatos durante a noite e o fechamento durante o dia, reduzindo a perda de água por
150 evapotranspiração e aumentando sua eficiência no uso da água (Pinheiro et al., 2014; Queiroz
151 et al., 2015; Pinho et al., 2018).

152 Além de sua elevada adaptação às condições do semiárido, a palma forrageira
153 caracteriza-se por apresentar alto teor de água, variando entre 80% e 90%, o que a torna uma
154 importante fonte de hidratação para os animais. Adicionalmente, constitui relevante fonte de
155 energia nas dietas de ruminantes, devido ao seu elevado teor de carboidratos não fibrosos

156 (60,22% em base da matéria seca) e nutrientes digestíveis totais (65,09% em base da matéria
157 seca) (Wanderley et al., 2002; Pessoa et al., 2020; Magalhães et al., 2021).

158 Em razão do seu alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF), diversos estudos têm
159 destacado o potencial da palma forrageira como fonte energética alternativa na alimentação de
160 ruminantes. Oliveira et al. (2007) avaliaram a substituição do milho e do feno de capim-tifton
161 na dieta de vacas leiteiras e observaram que o milho pode ser substituído integralmente e o feno
162 parcialmente (41%) pela palma forrageira em dietas para vacas da raça holandesa com produção
163 média de 20 kg de leite por dia. Nesse sentido, o farelo de palma tem sido investigado como
164 alternativa energética para dietas de ruminantes, visando reduzir a dependência de fontes
165 tradicionais de concentrados.

166 Estudos conduzidos por Sá (2012) e Eustáquio (2023) demonstraram que diferentes
167 níveis de substituição do milho pelo farelo de palma não influenciaram o consumo de nutrientes,
168 os coeficientes de digestibilidade, a produção de leite corrigida, a composição do leite ou a
169 eficiência alimentar. Entretanto, em ambos os estudos foram utilizadas dietas com elevados
170 níveis energéticos, superiores às exigências nutricionais dos animais, o que pode ter contribuído
171 para a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

172 Apesar da importância da palma forrageira como recurso alimentar para ruminantes no
173 semiárido, algumas limitações estão associadas ao seu cultivo. Entre elas destacam-se os
174 elevados custos de implantação da cultura, especialmente relacionados às operações de preparo
175 do solo, plantio e controle de plantas daninhas, que demandam significativa utilização de mão
176 de obra (Lima et al., 2020). Além disso, dependendo das condições do solo e do relevo, podem
177 ocorrer dificuldades de mecanização das operações agrícolas, o que pode aumentar ainda mais
178 os custos de produção (Embrapa, 2023). Por fim, a principal limitação para a produção do farelo
179 de palma refere-se ao processo de colheita, por ser feita de forma manual reflete diretamente
180 no aumento dos custos.

181 Apesar dessas limitações, observa-se que ainda são escassos estudos que avaliem de
182 forma integrada o uso da palma forrageira e, principalmente, de seus coprodutos, como o farelo
183 de palma, em substituição a ingredientes energéticos convencionais em dietas para cabras em
184 lactação. Além disso, há uma lacuna quanto aos efeitos dessa substituição sobre o desempenho
185 produtivo, especialmente nas condições do semiárido. Dessa forma, torna-se necessária a
186 realização de pesquisas que investiguem o potencial desses ingredientes alternativos, visando
187 reduzir custos alimentares e aumentar a sustentabilidade da produção de leite caprino.

188

189 **3 MATERIAL E MÉTODOS**

190

191 **3.1 Local do experimento**

192 O experimento foi conduzido no setor de Caprinovinocultura do Departamento de
 193 Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado na cidade de
 194 Recife, Pernambuco, Brasil. A utilização de animais está de acordo com os preceitos da lei
 195 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o decreto de 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como as
 196 normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA),
 197 aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de
 198 Pernambuco, sob o protocolo CEUA nº 9776080424 (ID 001836).

199 **3.2 Animais, manejo e dietas experimentais**

200 Foram utilizadas oito cabras da raça Saanen em lactação, com peso corporal médio de 55,0 ±
 201 3,5 kg e produção média de 1,5 ± 0,25 kg de leite por dia. Os animais foram alojados em baias
 202 individuais, providas de comedouro e bebedouro, sob manejo uniforme em galpão coberto e
 203 higienizado, suspensas a 60 cm do solo, com piso ripado medindo 1,10 x 1,20 m. Antes do
 204 início do experimento os animais foram submetidos ao tratamento preventivo contra endo e
 205 ectoparasitas.

206 Cada período experimental foi composto de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas
 207 e 7 dias do período para coleta de amostras e dados. Os animais foram distribuídos em dois
 208 quadrados latinos 4 x 4 simultâneos. Os ingredientes utilizados nas dietas e a composição
 209 químico-bromatológica e percentual das dietas estão apresentadas na Tabela 1 e 2,
 210 respectivamente. As dietas foram fornecidas *ad libitum* duas vezes ao dia (08:00 e 15:30), sendo
 211 permitidas sobras em torno de 5 a 10% do fornecido. A água foi ofertada à vontade durante todo
 212 o período, foram feitas pesagens no início e final de cada período experimental para
 213 monitoramento do peso corporal.

214 **Tabela 1.** Composição química dos ingredientes (g/kg MS).

Ingredientes	MS	MM	MO	PB	EE	FDN	FDNi	CHOT	CNF
Feno de Capim Tifton	889,7	49,0	950,5	120,0	21,0	659,0	237,0	833,6	174,6
Fubá de Milho	923,0	18,0	981,9	92,0	79,0	102,0	27,0	820,0	718,0
Farelo de Trigo	921,5	45,0	954,9	169,0	32,0	395,0	119,0	757,0	362,0
Palma <i>in Natura</i>	125,9	126,0	874,0	39,0	18,0	292,0	153,0	817,1	525,1

Farelo de Palma	917,5	80,0	920,0	35,0	17,0	342,0	139,0	861,0	526,1
GIMEX (Gérmem Integral de Milho Extra Gordo)	948,3	123,1	877,4	126,0	558,2	240,0	21,0	438,3	198,3
Farelo de Soja	918,0	60,0	940,0	523,0	15,0	133,0	23,0	445,0	312,0
Ureia/S.A.	990,0	0	0	265,0	0	0	0	0	0
Sal comum	990,0	946,5	0	0	0	0	0	0	0
Mistura Mineral ^a	990,0	999,0	0	0	0	0	0	0	0

215 ^a Suplemento comercial contendo os seguintes minerais e vitaminas por Kg: 150 g Ca, 75 g P, 148 g
 216 Na, 5 g Mg, 12 g S, 100 mg Co, 400 mg Cu, 61 mg I, 1000 mg Mn, 11 mg Se, 2000 mg Zn, 1500 Fe,
 217 200.000 UI de Vitamina A, 25.000 UI de vitamina D e 3.500 UI de vitamina E.

218

219 **Tabela 2.** Composição químico-bromatológica das dietas experimentais (g/kg MS).

220

221

222

223

224

Ingredientes (g/kg)	Tratamentos			
	Proporção dos Ingredientes			
	FM	FT	PIN	FP
Feno de Capim Tifton	658,0	667,0	653,5	662,2
Milho	207,0	0,0	0,0	0,0
Farelo de Trigo	0,0	204,3	0,0	0,0
Palma <i>in Natura</i>	0,0	0,0	212,1	0,0
Farelo de Palma	0,0	0,0	0,0	203,9
GIMEX (Gérmem Integral de Milho Extra Gordo)	79,5	78,6	77,4	77,7
Farelo de Soja	30,0	29,9	27,3	26,3
Ureia	5,1	0,0	10,0	10,0
Sal comum	5,1	5,1	4,9	5,0
Mistura Mineral	15,3	15,1	14,8	14,9
Composição química da dieta (g/kg ms)				
Matéria Seca	908,3	907,4	393,1	907,3
Matéria Orgânica	927,7	926,3	900,1	911,6
Proteína Bruta	137,2	140,1	137,0	136,5
Extrato Etéreo	74,9	64,7	61,1	61,0
FDN	477,9	543,2	514,9	528,5
CNF	242,0	184,0	189,0	184,3
FDNi	163,6	184,4	187,6	187,3
NDT	700,5	630,7	624,4	636,1

225

FM – Fbuá de milho; FT - Farelo de trigo; PIN – Palma *in Natura*; FP – Farelo de palma.

226

227

228 O farelo de palma foi realizado na estação experimental do IPA de Arcoverde. Para a
229 obtenção do farelo foi realizado o corte e processamento das raquetes da palma forrageira
230 orelha de elefante mexicana (POEM) (*Opuntia stricta* (Haw) Haw), em seguida, visando
231 otimizar as próximas etapas, a palma foi processada em máquina forrageira, expostas em
232 terreiros limpos, ao ar livre e sobre lona para secagem (Figura 1). Quando totalmente seca
233 (em torno de 90 horas), passou pelo processo de moagem para obtenção do produto final
234 (Figura 2). A palma forrageira que foi utilizada (*in natura* e na forma de farelo) tinha idade
235 em torno de dois anos.

236

237
238

Figura 1. Secagem da palma forrageira ao ar livre



Figura 2. Farelo de palma após secagem e moagem.

239
240

241
242

243

244

Tabela 3. Percentual (g/100 g de AG total) dos ingredientes presentes nas dietas experimentais.

Ácidos graxos	Ingredientes					
	Feno tifton-85	Fubá de milho	Farelo de trigo	Palma <i>in natura</i>	GIMEX	Farelo de soja
C14:0	3,09	0,09	nd ^f	0,69	0,04	0,27
C16:0	29,56	18,2	25,5	27,66	13,2	21,8
C18:0	5,20	1,42	3,45	3,73	2,18	2,4
C18:1n-9	nd ^f	26,4	32,9	3,12	34,3	12,2
C18:2n-6	29,52	50,7	nd ^f	15,03	47,4	56,9
C18:3n-3	14,62	1,89	0,37	44,18	0,90	4,48

245

Fonte: Dados da pesquisa e adaptado de Netto (2022); f - Não descrito.

246

247

3.3 Ensaio de consumo dos nutrientes

248

249

250

251

252

253

Para a estimativa do consumo de nutrientes, ou seja, matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF), bem como da FDN indigestível (FDNi), foi realizada a pesagem dos alimentos ofertados e das sobras. Os consumos de matéria seca e demais nutrientes foram calculados pela diferença entre as quantidades ofertadas e as sobras. Das sobras alimentares e das amostras dos ingredientes utilizados na confecção das rações foram

254 retiradas amostras que foram submetidas ao procedimento de pré-secagem em estufa com
255 ventilação forçada a 55 °C até a obtenção de peso constante, em seguida, foram moídas em
256 moinho de facas, em peneiras de 1 e 2 mm.

257 A produção de matéria seca fecal para estimação da digestibilidade aparente dos
258 nutrientes foi obtida por intermédio do indicador FDN indigestível. Coletas spot de fezes
259 foram realizadas uma vez ao dia, às 6 h, 9 h, 12 h e 15 h do 18º ao 20º dia de cada período
260 experimental. As amostras foram pré-secas e processadas conforme descrito para alimentos
261 e sobras. A excreção fecal total (Produção de matéria seca fecal, PMSF) foi estimada
262 utilizando-se a FDN_i como indicador interno, que foi obtida após incubação ruminal por 288
263 horas (Detmann et al., 2011) e calculada pela seguinte fórmula: PMSF (g/dia) = indicador
264 consumido/concentração do indicador nas fezes.

265 A composição química das amostras de alimentos, sobras de alimentos e fezes foram
266 determinadas de acordo com procedimentos da AOAC (2000), para matéria seca (MS; ID
267 934.01), matéria orgânica (MO; ID 930.05), proteína bruta (PB; ID 968.06) e extrato etéreo
268 (EE; ID 920.39). A fibra em detergente neutro foi analisada segundo Robertson e Van Soest
269 (1981) utilizando α -amilase termoestável.

270

271 **3.4 Comportamento ingestivo**

272 O comportamento ingestivo foi avaliado usando o método de varredura instantânea por
273 Martin e Bateson (2007). As cabras foram observadas a cada 10 minutos durante 24 horas,
274 iniciando imediatamente após a alimentação matinal. O tempo gasto com alimentação (A),
275 ruminação (R) e ócio (O) foi registrado para cada animal dentro do período de amostragem.

276

277 **3.5 Produção de leite**

278 As ordenhas foram realizadas manualmente, duas vezes ao dia (7:00h e 14:00h), após
279 higienização e desinfecção dos tetos com água corrente, sabão neutro, além da solução pré e
280 pós-dipping (iodo glicerinado a 2%). Após a ordenha, o leite foi pesado para monitoramento
281 da produção individual diária. A produção de leite foi mensurada diariamente, pela soma das
282 duas ordenhas diárias. A produção de leite corrigida (PLCG) para 4% de gordura foi realizada
283 pela equação proposta por Mavrogenis e Papachristoforou (1988): PLCG 4% (kg/dia) = PL
284 (kg) * (0,411 + 0,147 * %G).

285

286 **3.6 Composição do leite**

287 As amostras de leite foram coletadas do 15º ao 17º dia de cada período de ordenha, e
288 realizadas amostras compostas da produção de leite diária para cada cabra. O leite de cada
289 animal foi homogeneizado e retirado uma alíquota de 50 mL, armazenado em recipiente
290 plástico contendo conservante (Bronopol®), mantido em temperatura entre 2 e 6 °C, e
291 enviado para o Laboratório de leite, LABOLEITE (Universidade Federal do Rio Grande do
292 Norte) para as análises de gordura, proteína, lactose, ureia, caseína e sólidos totais, realizados
293 através do equipamento Bentley® 2000 (Bentley instruments Inc., Minnesota, USA). O teor
294 de sólidos não gordurosos (SNG) foi estimado pela diferença entre os sólidos totais e a
295 porcentagem de gordura.

296

297 **3.7 Perfil de ácidos graxos do leite**

298 Para determinação do perfil de ácidos graxos do leite foi utilizado uma amostra de 50
299 mL de leite para cada animal, período e tratamento. Posteriormente, as amostras foram
300 congeladas, liofilizadas e armazenadas em eppendorfs. Essas amostras foram enviadas para
301 a Universidade de Lisboa para a análise de ácidos graxos.

302 Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foram separados e quantificados
303 usando um cromatógrafo gasoso 7820A (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA)
304 equipado com FID e um analisador de sílica fundida CP-Sil 88 coluna capilar 25 (100 m ×
305 0,25 mm × 0,2 µm; Varian, Mississauga, ON, Canadá). A temperatura da coluna foi
306 programada na faixa de 50 a 220 °C durante 8 minutos, e a do injetor foi mantida entre 220 e
307 250 °C durante 30 minutos para obtenção dos picos de ésteres metílicos. Os gases hidrogênio
308 (1,2 ml/min.) e nitrogênio (30 ml/min.) foram carregados, usando razão de Split de 1:10.

309 Os FAME contidos nas amostras de leite foram identificados por comparação com o
310 tempo de retenção de padrões comerciais (Supelco® 37 Component FAME Mix,
311 SigmaAldrich, Bellefonte, EUA; Larodan Ab, Estocolmo, Suécia; Luta-Cla® 60, BASF AG,
312 São Paulo, 30 Brasil). Os isômeros trans/cis C18:1 e trans-9, cis-11 CLA foram identificados
313 com base em suas ordens de eluição, conforme descrito por Cruz-Hernandez et al. (2007),
314 sob as mesmas condições analíticas.

315 A composição de ácidos graxos do leite foi expressa como uma proporção do total de
316 ácidos graxos usando fatores de resposta teóricos (Wolff; Bayard; Fabien, 1995). Os índices
317 de atividade da enzima estearoil-CoA a dessaturase-1 3 (SCD-1) foram estimados como a
318 proporção entre os produtos e substratos da enzima (Kelsey et al., 2003). Os ácidos graxos

319 foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e os resultados,
320 expressos em percentual de área (%).

321

322 3.8 Análise estatística

323 O delineamento experimental foram dois quadrados latinos 4 x 4 simultâneos de
324 acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$325 Y_{ijk} = \mu + T_i + Q_j + P_k + (A/Q)_{lj} + T * Q_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

326

327 Em que: Y_{ijk} = observação ijk ; μ = média geral; T_i = efeito fixo do tratamento i ; Q_j = efeito
328 fixo do quadrado j ; P_k = efeito aleatório do período k ; $(A/Q)_{lj}$ = efeito aleatório do animal l
329 dentro do quadrado j ; $T*Q_{ij}$ = efeito aleatório da interação tratamento i e quadrado j ; ϵ_{ijk} =
330 efeito aleatório do erro.

331 Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento proc
332 MIXED do programa Statistical Analysis System (Sas Institute, 2009), e as médias
333 comparadas pelo Teste de Dunnett ($P < 0,05$) utilizando o tratamento de fubá de milho como
334 controle.

335

336 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

337

338 De forma geral, o farelo de palma forrageira proporcionou os menores consumos, em
339 especial o consumo de proteína bruta (0,18 kg/dia) e de nutrientes digestíveis totais (0,82
340 kg/dia).

341

342 **Tabela 4.** Consumo e digestibilidade dos nutrientes.

Itens	Tratamentos				EPM	P- valor
	FM	FT	PIN	FP		
	Consumo (kg/dia)					
MS	1,44	1,52	1,52	1,28*	0,027	0,0150
MO	1,34	1,41	1,37	1,16*	0,025	0,0117
PB	0,17	0,18	0,19*	0,16	0,003	0,0225
EE	0,10	0,09	0,08*	0,07*	0,001	< 0,01
FDN	0,68	0,82*	0,78*	0,65	0,014	< 0,01
CNF	0,43	0,33*	0,38	0,33*	0,009	< 0,01

CNDT	1,00	0,96	0,96	0,82*	0,020	0,0256
Digestibilidade (%)						
MS	66,78	62,42	62,80	61,9	1,129	0,4204
MO	68,89	64,45	65,60	64,58	0,952	0,3394
PB	74,44	76,17	73,74	72,93	1,448	0,8762
EE	80,10	78,40	76,29	78,26	1,787	0,9013
FDN	51,42	49,87	49,02	48,10	1,063	0,7260
CNF	83,83	77,48	76,65	75,93	1,350	0,1935

343 Médias seguidas de asterisco (*) diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); FM –
 344 Fubá de milho; FT - Farelo de trigo; PIN – Palma *in Natura*; FP – Farelo de palma; EPM - erro padrão
 345 da média.

346
 347

348 O consumo voluntário de matéria seca pode ser descrito como a variável mais
 349 importante dos animais (Bezerra, 2016). Fatores físicos (distensão ruminal, tamanho de
 350 partícula, digestibilidade da fibra e composição química da dieta), fisiológicos (fermentação
 351 ruminal, necessidades energéticas e disponibilidade de nutrientes), animal (raça, idade, estado
 352 fisiológico e preferência), psicogênicos (sabor, odor, textura, aparência e interação social)
 353 ambientais (comprimento do dia e condições climáticas) podem influenciar diretamente na
 354 ingestão de matéria seca (Ferreira, 2019).

355 No presente trabalho, fatores relacionados ao animal, não foram determinantes para a
 356 redução do consumo, uma vez que todos os animais pertenciam a mesma raça, encontravam-
 357 se em lactação e foram submetidos às mesmas condições de manejo. Além disso, as dietas
 358 apresentaram composições bromatológicas semelhantes (Tabela 2), o que também justifica a
 359 ausência de diferenças na digestibilidade dos nutrientes, minimizando a possibilidade de que
 360 diferenças nutricionais sejam a justificativa para o menor consumo. Dessa forma, a
 361 justificativa mais plausível consiste em aspectos físicos e psicogênicos associados à
 362 granulometria (forma física) e aceitabilidade do farelo de palma por parte das cabras.

363 É possível que o farelo de palma apresente características sensoriais (sabor, odor ou
 364 textura) que tenham diminuído preferencialmente seu consumo em comparação aos outros
 365 ingredientes energéticos, resultando no menor consumo de matéria seca. Apesar do farelo de
 366 palma ter sido processado na mesma peneira que o milho foi processado, ele apresentou tanto
 367 partículas grosseiras tanto quanto pó.

368 O tempo de alimentação não foi influenciado pelas fontes de energia no concentrado,
 369 mesmo no tratamento com farelo de palma ($p > 0,05$) que proporcionou o menor consumo de

370 matéria seca, isso pode indicar que os animais estavam de alguma forma tentando selecionar
 371 determinadas partes da dieta. Porém, o tempo de ruminação foi menor, esse comportamento
 372 pode ser atribuído ao menor consumo de matéria seca.

373

374 **Tabela 5.** Comportamento ingestivo.

Itens	Tratamentos					<i>P</i> - <i>valor</i>
	FM	FT	PIN	FP	EPM	
Alimentação (min/d)	243,75	267,50	267,50	271,25	8,560	0,8238
Ruminação (min/d)	473,75	468,75	438,75	356,25*	7,684	0,0411
Ócio (min/d)	722,50	703,75	733,75	812,50	14,110	0,4094

375 Médias seguidas de asterisco (*) diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); FM –
 376 Fubá de milho; FT - Farelo de trigo; PIN – Palma *in Natura*; FP – Farelo de palma; EPM - erro padrão
 377 da média.

378

379 A produção de leite e produção de leite corrigida para 4% de gordura (Tabela 6), foram
 380 inferiores para o farelo de palma. Para os resultados da composição do leite, apenas o teor de
 381 lactose foi menor para o farelo de palma.

382

383 **Tabela 6.** Produção e composição do leite de cabras

Itens	Tratamentos					<i>P</i> - <i>valor</i>
	FM	FT	PIN	FP	EPM	
Produção (kg/dia)						
PL (kg)	1,37	1,38	1,30	1,17*	0,030	0,0421
PLCG (kg)	1,48	1,49	1,41	1,27*	0,030	0,0422
Composição (%)						
%Gordura	4,25	4,24	4,28	4,28	0,061	0,9950
%Proteína	2,61	2,56	2,51	2,51	0,075	0,4133
%Lactose	4,39	4,36	4,38	4,28*	0,013	0,0336
%ST	12,29	12,18	12,14	12,05	0,078	0,7587
%SNG	8,54	8,43	8,36	8,25	0,039	0,1142
%CAS	2,09	1,98	1,95	1,94	0,031	0,3394
%NUL	21,36	25,63	31,15	24,79	2,260	0,4285
%PCAS	79,58	76,88	69,98	76,46	1,925	0,3574

384 Médias seguidas de asterisco (*) diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); FM –
 385 Fubá de milho; FT - Farelo de trigo; PIN – Palma *in Natura*; FP – Farelo de palma; EPM - erro padrão
 386 da média.

387

388 A menor produção observada no tratamento com farelo de palma pode ser explicada
 389 pelo menor consumo de nutrientes, especialmente de proteína e nutrientes digestíveis totais.
 390 Esse menor aporte nutricional compromete a fermentação ruminal, resultando em menor
 391 produção de ácidos graxos voláteis. Como consequência, há redução na formação de
 392 propionato, principal precursor da glicose em animais ruminante, o que leva à menor
 393 disponibilidade de glicose (Lemosquet et al., 2009). Considerando que a lactose é sintetizada a
 394 partir da glicose e é o principal carboidrato do leite, sua redução contribui para menor produção
 395 de leite.

396 Em comparação ao tratamento controle (fubá de milho), o farelo de trigo promoveu
 397 maior teor para o C18:0 e menor para o C18:1c11. A inclusão de palma forrageira *in natura*
 398 resultou em maiores teores de C18:1c12, C18:2t11c15 e C18:3n-3. Por fim, o tratamento com
 399 farelo de palma apresentou maiores concentrações de C18:1t10, C18:1t11, C18:2t11c15 e
 400 C18:3n-3 quando comparado ao fubá de milho.

401

402 **Tabela 7.** Ácidos graxos C18 (g/100 g de AG total) de cabras alimentadas com as dietas experimentais

AG	Tratamentos				EPM ^a	P-Valor
	FM	FT	PIN	FP		
C18:0	16.87	19.66*	15.88	16.37	0.5224	0,019
i-C18:0	0.07	0.04	0.08	0.08	0.0066	0,803
C18:1t6/t7/t8	0.27	0.31	0.35	0.35	0.0137	0,616
C18:1t9	0.26	0.27	0.32	0.34	0.0112	0,970
C18:1t10	0.29	0.37	0.43	0.45*	0.0249	0,048
C18:1t11	1.07	1.42	1.62	2.37*	0.1342	0,001
C18:1c9	30.31	29.60	28.80	28.48	0.5106	0,869
C18:1c11	0.82	0.52*	0.68	0.71	0.0345	0,001
C18:1c12	0.16	0.15	0.28*	0.24	0.0165	0,011
C18:1c13	0.03	0.02	0.03	0.03	0.0022	0,939
C18:1t16/c14	0.34	0.40	0.37	0.37	0.0181	0,788
C18:1c15	0.06	0.05	0.06	0.06	0.0025	0,925
C18:2t11c15	0.02	0.02	0.03*	0.04*	0.0021	0,001
C18:2n-6	2.16	2.03	2.25	2.08	0.0690	0,914
C18:3n-3	0.27	0.26	0.36*	0.37*	0.0153	0,010
OutrosC18	0.20	0.21	0.24	0.23	0.0121	0,981

403 Médias seguidas de asterisco (*) diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); FM –
 404 Fubá de milho; FT - Farelo de trigo; PIN – Palma *in Natura*; FP – Farelo de palma; EPM - erro padrão
 405 da média; ^a Erro padrão da média.

406

407 Os resultados referentes ao somatório dos grupos de ácidos graxos (AG) estão
 408 apresentados na Tabela 8. Em comparação ao tratamento controle (fubá de milho), o farelo de
 409 trigo promoveu menor teor de AGCC. O tratamento de palma forrageira in natura proporcionou
 410 maiores teores de AGCM, AGCIR, AGCIL, AGCR, Σ AG n-3 além de maior razão 18:1 trans-
 411 10/18:0. O farelo de palma, por sua vez, promoveu maiores teores para AGCIL, AGCR, MUFA
 412 *trans*, Σ AG n-3 e maior razão 18:1 trans-10/18:0. Todavia, apresentou a menor relação n6/n3.

413

414 **Tabela 8.** Somatório (g/100 de AG total) dos grupos de ácidos graxos de cabras alimentadas
 415 com as dietas experimentais.

AG	Tratamentos				EPM ^a	P-valor
	MI	FT	PIN	FP		
AGCC	14,70	13,34*	14,28	13,76	0,3757	0,033
AGCM	30,64	29,73	32,20*	31,22	0,2420	0,010
AGCIR	2,85	2,92	3,50*	3,33*	0,0705	0,001
AGCIL	1,39	1,43	1,68*	1,64*	0,0364	0,001
AGCR	1,45	1,50	1,82*	1,69*	0,0383	0,001
SFA	60,08	60,84	59,81	58,99	0,6218	0,983
MUFA	34,89	34,18	34,29	35,13	0,5411	0,984
MUFA <i>cis</i>	32,65	31,41	31,21	31,30	0,5680	0,697
MUFA <i>trans</i>	2,24	2,78	3,08	3,83*	0,1704	0,002
PUFA	2,72	2,53	2,92	2,77	0,0806	0,967
CLA	0,64	0,83	0,77	1,01	0,0646	0,757
Σ AG n-3	0,38	0,36	0,48*	0,49*	0,0206	0,040
Σ AG n-6	2,32	2,16	2,40	2,24	0,0702	0,878
n6/n3	6,36	6,37	5,10	4,71*	0,2698	0,017
18:1 trans-10 /18:1 trans-11	0,27	0,26	0,28	0,22	0,0137	0,972
18:1 trans/18:0	0,12	0,12	0,18*	0,21*	0,0115	0,001

416 Médias seguidas de asterisco (*) diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); FM –
 417 Fubá de milho; FT - Farelo de trigo; PIN – Palma *in Natura*; FP – Farelo de palma; EPM - erro padrão
 418 da média; ^a Erro padrão da média.

419

420 O GIMEX foi utilizado no trabalho como uma fonte de lipídeos. Diversos fatores
 421 justificam a inclusão de lipídios na dieta de ruminantes em lactação, destacando-se o aumento
 422 da densidade energética das dietas. Em vacas leiteiras, essa estratégia pode ser empregada como

423 ferramenta nutricional para atenuar os efeitos prejudiciais do estresse calórico. Para cabras em
424 lactação, a suplementação lipídica também pode atuar na modulação do metabolismo lipídico
425 ruminal, possibilitando a manipulação do perfil de ácidos graxos do leite, de modo a favorecer
426 a presença de isômeros com potenciais benefícios à saúde humana (Kliem; Givens et al., 2019).

427 Trabalhos conduzidos com vacas leiteiras, como o estudo de Gama et al. (2021),
428 utilizando animais da raça Holandesa alimentados com elevadas proporções de palma forrageira
429 (dado da porporção), evidenciaram que esse ingrediente pode interferir no processo de
430 biohidrogenação ruminal, promovendo redução na formação de ácido esteárico (C18:0) e
431 favorecendo um maior escape dos intermediários da biohidrogenação, especialmente os
432 isômeros do ácido oleico (C18:1).

433 Essa interpretação é corroborada pela menor razão 18:1 trans/18:0 no tratamento do
434 farelo de trigo e maiores valores em palma *in natura* e farelo de palma. Com isso, houve o
435 incremento de MUFA *trans* causando o escape de intermediários como C18:1t11 e
436 C18:2t11c15, aumentando a passagem para o intestino delgado e posteriormente incorporado
437 ao leite (Maniacin et al., 2024; Toral et al., 2024).

438 A biohidrogenação ruminal está associada às modificações no ambiente ruminal e na
439 atividade microbiana, uma vez que a inclusão de palma forrageira na dieta pode alterar a
440 composição dos substratos fermentáveis e as características de fermentação ruminal. Além
441 disso, compostos presentes em forragens, como os compostos fenólicos, são descritos na
442 literatura como moduladores da atividade microbiana, podendo influenciar a produção de
443 metabólitos fermentativos

444 Quando associada à fontes lipídicas, a palma pode potencializar essas alterações,
445 influenciando o metabolismo dos ácidos graxos e o perfil lipídico absorvido e posteriormente
446 incorporado aos tecidos e ao leite (Netto et al., 2022). De forma semelhante, o milho também
447 desempenha papel importante na modulação da biohidrogenação ruminal. Por apresentar
448 elevado teor de amido rapidamente fermentável, sua inclusão na dieta aumenta a produção de
449 ácidos graxos voláteis, o que pode resultar na redução do pH ruminal (Plaizier et al., 2018;
450 Wang et al., 2021).

451 Essa condição compromete a atividade de bactérias envolvidas nas etapas finais da
452 biohidrogenação, como *Butyrivibrio fibrisolvens*, favorecendo o acúmulo de intermediários em
453 detrimento da formação de ácido esteárico (C18:0). Além disso, dietas com maior inclusão de
454 milho e menor teor de fibra promovem mudanças na população microbiana, caracterizadas pela

455 redução das bactérias fibrolíticas e aumento das amilolíticas, contribuindo para alterações no
456 padrão de biohidrogenação (Plaizier et al., 2018; Petri et al., 2021).

457 Ao substituir o milho por GIMEX como fonte lipídica em proporções iguais para os
458 tratamentos (9,5% com base na matéria seca), Corrêa et al. (2025) observaram que dietas
459 compostas apenas por palma forrageira, sem a inclusão de lipídios, resultaram em maiores
460 teores de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e de cadeia média (AGCM). Esses achados
461 corroboram com os resultados do presente estudo, no qual os tratamentos contendo apenas a
462 palma forrageira apresentaram maiores concentrações de AGCM quando comparados aos
463 demais tratamentos.

464 As alterações no metabolismo lipídico ruminal influenciadas pela fonte lipídica refletem
465 na mudança dos ácidos graxos do leite, reduzindo a produção e proporção dos AGCC e AGCM
466 (Torral et al., 2015). Essas mudanças sugerem uma inibição da atividade das enzimas
467 responsáveis pela síntese de novo que ocorre na glândula mamária e contribuem com os AGCC,
468 com cerca de 95% do C14:0 e 50% do C16:0 (Ribeiro et al., 2014).

469 O aumento dos ácidos graxos de origem microbiana, ácidos graxos de cadeia ímpar
470 ramificada, de cadeia ímpar linear e de cadeia ramificada (AGCIR, AGCIL e AGCR), no
471 presente estudo, contrasta com resultados de outros trabalhos que relataram a redução desses
472 ácidos graxos esperava-se que a inclusão da palma forrageira propiciasse a redução dos teores
473 desses ácidos em decorrência da atuação dos compostos fenólicos. Contudo, foi verificado um
474 aumento, o que pode ser causado pela proporção de palma forrageira presente nos tratamentos,
475 aproximadamente 21% (Tabela 2).

476 Estudos conduzidos por Corrêa et al. (2025) e por Gama et al. (2021), utilizando 31% e
477 34% de palma forrageira na dieta, respectivamente, observaram redução nos ácidos graxos
478 marcadores da microbiota ruminal. Assim, embora a palma tenha promovido efeitos positivos
479 sobre determinados grupos de AG no presente estudo, o nível de inclusão adotado pode não ter
480 sido suficiente para reduzir de forma expressiva os ácidos graxos de origem microbiana.

481 Outro achado importante associado à inclusão da palma forrageira, foi a maior passagem
482 de ácido α -linolênico (C18:3n-3), refletida no aumento do somatório de ácidos graxos ômega-
483 3 e, conseqüentemente, na redução da razão ômega-6/ômega-3, com destaque para o farelo de
484 palma (Khattab et al., 2025). Do ponto de vista nutricional humano, uma razão n-6/n-3 mais
485 baixa costuma ser interpretada como um perfil mais equilibrado, reduzindo processos
486 inflamatórios e evitando problemas cardíacos (Zou et al., 2025).

487 Mesmo não apresentando resultados positivos relacionados ao desempenho, a utilização
488 da palma forrageira na forma de farelo demonstrou efeitos positivos na modulação da
489 microbiota ruminal. Esse efeito também já tinha sido descrito na literatura para a palma
490 forrageira *in natura*, influenciando o processo de biohidrogenação e, conseqüentemente,
491 promovendo alterações no perfil de ácidos graxos.

492

493 **5. CONCLUSÃO**

494

495 O farelo de palma não se mostrou adequado como fonte energética no concentrado para
496 cabras da raça Saanen em lactação, uma vez que sua inclusão na dieta resultou em menor
497 desempenho produtivo quando comparada às demais fontes energéticas avaliadas. No entanto,
498 tanto a palma *in natura* quanto o farelo de palma promoveram alterações no perfil de ácidos
499 graxos da gordura do leite, resultando em um perfil lipídico potencialmente mais favorável para
500 o consumo humano.

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518 **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

519

520 AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1990.521 AOAC. **Official methods of analysis**. 17. ed. Arlington: AOAC International, 2000.522 ARAÚJO, H. R. R. et al. Elaboração de iogurte probiótico de leite de cabra adicionado de
523 polpa de goiaba. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v. 6, n. 1, p. 34-41, 2019.524 BARBOSA, R. F. et al. Identificação dos principais indicadores de sustentabilidade da
525 caprinocultura leiteira: uma proposta de framework. **Revista Ibero-Americana de Ciências**
526 **Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 783-795, 2021.527 BEZERRA, J. G. **Desempenho produtivo de bovinos Nelore confinados**. 2016.

528 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

529 CORRÊA, Agni MN et al. Feeding cactus (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) cladodes as a partial
530 substitute for elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) induces beneficial changes in
531 milk fatty acid composition of dairy goats fed full-fat corn germ. **Dairy**, v. 6, n. 3, p. 23,
532 2025.533 CRUZ-HERNANDEZ, C. et al. Evaluating the conjugated linoleic acid and trans-18:1
534 isomer composition of milk fat using gas chromatography. **Journal of Chromatography A**,
535 v. 1145, p. 194-201, 2007.536 DA SILVA, H. W.; FAVARIN, S. A importância econômica da criação de cabra leiteira para o
537 desenvolvimento rural. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 1, p. 46-53, 2020.538 DELACROIX-BUCHET, A.; LAMBERET, G. **Sensorial properties and typicity of goat**
539 **dairy products**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 7., 2000, Tours.
540 Proceedings... Tours, 2000. p. 559-563.541 DETMANN, E. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Viçosa: Universidade Federal de
542 Viçosa, 2011.543 DUTRA, I. C. et al. Forage cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) as an alternative for
544 ruminant feeding. **Brazilian Journal of Science**, v. 3, n. 9, p. 33-41, 2024.545 EMBRAPA. **Sistema de produção de palma-forrageira para o estado da Paraíba**.
546 Petrolina: Embrapa Semiárido, 2023.547 EUSTÁQUIO, A. F. **Uso do farelo de palma forrageira na alimentação de animais**
548 **ruminantes**. 2023. Disponível em: <https://palmatech.com.br>. Acesso em: 9 mar. 2026.549 NETTO, J.A. **Gérmem integral de milho extra gordo em dieta para vacas em lactação**.
550 Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade
551 Federal Rural de Pernambuco, Recife.552 GAMA, M. A. S. et al. Partially replacing sorghum silage with cactus (*Opuntia stricta*)
553 cladodes increases beneficial fatty acids in cow milk. **Journal of Animal Physiology and**
554 **Animal Nutrition**, v. 105, n. 2, p. 232-246, 2021.555 GARNER, J. B. et al. Effects of heat stress in dairy cows offered diets containing either
556 wheat or corn grain during late lactation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2031, 2022.

- 557 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**
558 **2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- 559 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**
560 **2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.
- 561 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**
562 **2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- 563 JENNESS, R. Composition and characteristics of goats milk: review 1968-1979. **Journal of**
564 **Dairy Science**, v. 79, n. 10, p. 1605-1630, 1980.
- 565 KANG, H. et al. Effect of flaking on the digestibility of corn in ruminants. **Journal of**
566 **Animal Science and Technology**, v. 63, n. 5, p. 1018, 2021.
- 567 KELSEY, J. A. et al. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic
568 acid in milk fat from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 8, p. 2588-2597, 2003.
- 569 KHATTAB, Ibrahim M. et al. Utilization of cactus cladodes as a replacement for berseem
570 clover: Effect on nutrient intake, rumen fermentation, blood metabolites, and milk yield,
571 composition and fatty acid profile in the diets of dairy goats. **Animal Feed Science and**
572 **Technology**, v. 324, p. 116312, 2025.
- 573 KLIEM, Kirsty E.; GIVENS, David I. Dairy products in the food chain: their impact on
574 health. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 21-36, 2011.
- 575 LEMOSQUET, S. et al. Propionate modulates glucose metabolism and milk synthesis in
576 dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1041-1050, 2009.
- 577 LIMA, D. O. et al. Análise descritiva do custo de implantação de palma forrageira em
578 plantio de sequeiro no semiárido alagoano. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 2, p. 1271-1280,
579 2020.
- 580 LOCK, A. L.; BAUMAN, D. E. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance
581 fatty acids beneficial to human health. **Lipids**, v. 39, n. 12, p. 1197-1206, 2004.
- 582 MACEDO, J. V. C. **Importância do uso de farelo de trigo na dieta de vacas leiteiras.**
583 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2023.
- 584 MAGALHÃES, André Luiz Rodrigues et al. Chemical composition, fractionation of
585 carbohydrates and nitrogen compounds, ruminal degradation kinetics, and in vitro gas
586 production of cactus pear genotypes. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, p. e-69338, 2021.
- 587 MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide.** 3. ed.
588 Cambridge University Press, 2007.
- 589 MAVROGENIS, A. P.; PAPACHRISTOFOROU, C. Genetic and environmental relationships
590 between milk production and milk composition in Damascus goats. **Small Ruminant**
591 **Research**, v. 1, p. 171-184, 1988.
- 592 MURPHY, J. J.; CONNOLLY, J. F.; MCNEILL, G. P. Effects on milk fat composition and
593 cow performance of feeding concentrates containing full fat rapeseed and maize distillers
594 grains on grass-silage based diets. **Livestock Production Science**, v. 44, n. 1, p. 1-11, 1995.
- 595 NEUMANN, Mikael et al. Degradabilidade e cinética ruminal de alimentos energéticos
596 utilizados em dietas para ruminantes. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, p. e68993, 2021.

- 597 NETTO, A. S. et al. Dietary lipid sources affect ruminal biohydrogenation and milk fatty
598 acid profile in dairy ruminants. **Animals**, v. 12, 2022.
- 599 OLIVEIRA, L. S. **Características e sustentabilidade de sistemas de produção de**
600 **caprinos leiteiros no Nordeste do Brasil**. 2020.
- 601 PETRI, R. M. et al. Changes in the rumen microbiome following transition to a high-grain
602 diet. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, 2021.
- 603 PESSOA, D. V. et al. Forage cactus of the genus *Opuntia* in different phenological phases:
604 nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, 2020.
- 605 PINHEIRO, K. M. et al. Nutritional value of cactus cladodes for ruminants. **Revista**
606 **Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 5, p. 250-257, 2014.
- 607 PINHO, R. M. A. et al. Forage cactus in the feeding of ruminants in semi-arid regions.
608 **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, p. 1143-1151, 2018.
- 609 PLAIZIER, J. C. et al. Nutritional models of experimentally induced subacute ruminal
610 acidosis in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 98, n. 3, p. 425-436, 2018.
- 611 QUEIROZ, M. A. A. et al. Chemical composition and nutritional value of forage cactus for
612 ruminants. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1855-1868, 2015.
- 613 RIBEIRO, C. G. S. et al. Milk fatty acid profile from cows fed different lipid sources.
614 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 503-510, 2014.
- 615 SÁ, J. F. **Farelo de palma (*Opuntia ficus-indica*) na alimentação de vacas em lactação**.
616 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia,
617 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.
- 618 SANTOS, T. V. M. **Determinação do teor de NDT do farelo de palma orelha de elefante**
619 **mexicana (*Opuntia stricta*)**. 2025. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em
620 Zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 621 SAS, SAS. **STAT user's guide, version 9.2**. Cary, NC, USA: SAS Inst. 2009.
- 622 SHINGFIELD, Kevin John; BONNET, Muriel; SCOLLAN, Nigel David. Recent
623 developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**, v. 7,
624 n. s1, p. 132-162, 2013.
- 625 TORAL, P. G.; HERVÁS, G.; FRUTOS, P. Research on ruminal biohydrogenation:
626 achievements and future approaches. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 12, p. 10115-
627 10140, 2024.
- 628 VASCONCELOS, P. B. L. et al. Goat farming in Northeastern Brazil: socio-economic
629 impacts and sustainability in the semi-arid region. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.
630 19, n. 4, 2025.
- 631 WANG, X. et al. Effects of dietary energy levels on growth performance, nutrient
632 digestibility, rumen barrier and microflora in sheep. **Animals**, v. 14, n. 17, p. 2525, 2024.
- 633 WOLFF, R. L.; BAYARD, C. C.; FABIEN, R. J. Evaluation of sequential methods for
634 determination of butterfat fatty acid composition. **Journal of the American Oil Chemists'**
635 **Society**, v. 72, p. 147-153, 1995.

- 636 ZOU, Bo et al. Insight into the effects of Omega-3 fatty acids on gut microbiota: impact of a
637 balanced tissue Omega-6/Omega-3 ratio. **Frontiers in Nutrition**, v. 12, p. 1575323, 2025.
- 638
- 639 **FAO. The State of Agricultural Commodity Markets 2022.** Rome: FAO, 2022.
640 → Mostra competição entre alimentos para humanos vs ração
- 641 **DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Cactus (Opuntia spp.) as forage resource in semi-arid**
642 **regions.** Revista Brasileira de Zootecnia, 2017.
- 643 **BEN SALEM, H. Nutritional management to improve sheep and goat performances in**
644 **semiarid regions.** Small Ruminant Research, 2010.