



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

**EFEITO DO GÉRMEN DE MILHO E PALMA FORRAGEIRA (*Opuntia stricta* (Haw.)
Haw) SOBRE O BALANÇO DE NITROGÊNIO EM PEQUENOS RUMINANTES**

JOÃO PEDRO FERREIRA VENCESLAU

RECIFE - PE

JULHO 2025



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

Efeito do gérmen de milho e palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) sobre o balanço de nitrogênio em pequenos ruminantes

João Pedro Ferreira Venceslau

Graduando

Profa. Dra. Kelly Cristina do Santos

Orientadora

Me. Matheus Henrique de Andrade Silva

Coorientador

RECIFE - PE

JULHO 2025

V451e Venceslau, João Pedro Ferreira
Efeito do gérmen de milho e palma forrageira (*Opuntia stricta*
(Haw.) Haw) sobre o balanço de nitrogênio em pequenos ruminantes
/ João Pedro Ferreira Venceslau. – 2025.
32 f.: il.

Orientador(a): Kelly Cristina dos Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife,
BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Caprinos 2. Ovinos 3. Metabolismo protéico I. Santos,
Kelly Cristina dos, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ZOOTECNIA

JOÃO PEDRO FERREIRA VENCESLAU

Graduando

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em .../.../...

Examinadores:

Profa. Dra. Kelly Cristina do Santos

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

Examinador I

Prof. Dr. Evaristo Jorge Oliveira de Souza

Examinador II

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois, sem Ele eu não teria conseguido chegar até aqui, pois ele cuidou de mim durante todo processo me dando força, perseverança e resiliência.

A toda minha família por sempre me apoiarem, especialmente minhas mães Lívia, Aurea e Eridan, meu pai Adeilson e minhas irmãs Beatriz e Luísa.

À Danielle por ser meu braço direito na vida e me apoiar em todas as decisões que tomo, com todo seu amor, “calma” e “delicadeza”. Te amo.

Aos amigos que o curso me deu Rafael, Silas, Eduarda, Matheus, Bruna, Hiasmyn e Deborah por todos os perrengues seja com professor, disciplina ou da vida. Em especial a Rafa, que me acompanhou desde o início do curso. Sem eles, nunca teria sido possível.

A galera do Laboratório de Pequenos Ruminantes, que sempre se apoiou em tudo que dava, e manteve os meus dias mais alegres.

Um agradecimento especial à Rabia, que não está entre nós, mas foi mais uma mãe que a vida me deu. Tenho certeza de que é um anjo na minha vida, lá no céu.

Quero agradecer também a todos os professores, principalmente ao professor Francisco que me orienta desde o início do curso.

À professora Kelly, por ter me acolhido e me auxiliado desde o primeiro momento em que entrei em contato com ela. Obrigado por todos os ensinamentos e por compartilhar suas experiências comigo.

A Matheus por me ajudar nas coletas e nas análises do TCC, além de todo o aperreio que eu causei. Obrigado por todo o auxílio e pelos conhecimentos passados.

E a todos que passaram pela minha vida e que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e também tornaram toda essa jornada mais leve.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Panorama da caprinocultura e ovinocultura no Brasil e no Nordeste	11
3.2 Desafios e consequências da ausência de planejamento alimentar	11
3.3 A palma forrageira no semiárido: importância e limitações nutricionais	12
3.4 Resíduos e coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes	13
3.5 O gérmen integral extragordo de milho: composição e aplicações	14
3.6 Associação de POEM e GIEM: efeitos sobre a utilização de proteína e balanço de nitrogênio	15
3.6.1 Efeitos dos lipídios do GIEM no rúmen	15
3.6.2 Papel da POEM na mitigação dos efeitos	Erro! Indicador não definido.
3.6.3 Balanço de nitrogênio	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Considerações éticas e local do experimento	17
4.2 Animais, manejo e tratamentos experimentais	17
4.3 Consumo dos nutrientes	19
4.4 Balanço de nitrogênio	20
4.5 Concentrações de N ureico plasmático e urinário	20
4.6 Delineamento experimental e análise estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Resultados	22
5.2 Discussão	24
6. CONCLUSÃO	26
7. REFERÊNCIAS	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da palma forrageira <i>Opuntia stricta</i> Haw	12
Tabela 2. Composição química do gérmen e milho moído	14
Tabela 3. Composição bromatológica dos ingredientes	18
Tabela 4. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca (g/kg MS)	19
Tabela 5. Efeitos da palma forrageira e do gérmen integral extragordo de milho sobre o balanço de nitrogênio e as concentrações de nitrogênio ureico plasmática e urinário em caprinos e ovinos	23

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da utilização do gérmen integral extragordo de milho (GIEM) e da palma Orelha de Elefante Mexicana (POEM) sobre o balanço de nitrogênio em pequenos ruminantes. O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada na cidade de Recife. Foram utilizados quatro ovinos e quatro caprinos, sem raça definida, machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com peso corporal médio de $38 \pm 6,4$ kg e $35 \pm 3,9$ kg, respectivamente. O experimento foi conduzido em dois quadrados latinos 4x4 em esquema fatorial 2x4, com período experimental de 88 dias, divididos em quatro períodos experimentais com 14 dias de adaptação e 8 dias de coleta de dados e amostras. As dietas foram compostas por volumoso à base de feno de capim Tifton 85 e palma forrageira e um concentrado composto por milho moído, farelo de soja, sal comum, mistura mineral, e gérmen de milho, com relação volumoso:concentrado de 60:40. Os tratamentos envolveram quatro dietas experimentais: CONT (sem POEM e sem gérmen), GIEM (com gérmen, sem POEM), POEM (com POEM, sem gérmen) e GIEM+POEM (com POEM e gérmen). O consumo dos nutrientes foi obtido pela diferença entre a quantidade ofertada e as sobras nos comedouros. A coleta total de urina e fezes foram realizadas do 17º ao 19º dia de cada período experimental para avaliação da excreção e determinação de nitrogênio e nitrogênio ureico urinário (NUU). No 20º dia foi realizada a coleta de sangue para determinação do nitrogênio ureico plasmático (NUP). Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre o consumo de matéria seca (CMS), consumo total de nitrogênio, excreção de nitrogênio via urina, N absorvido, N retido, NUP e NUU. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre espécies ou da interação entre espécie e tratamento para a excreção fecal, excreção total e balanço de nitrogênio. Os animais alimentados com a dieta contendo GIEM + POEM tiveram maior ($P < 0,05$) CMS, sendo 27,7% maior que o consumo observado pelos animais alimentados com a dieta GIEM. O consumo de N, o N absorvido, e o N retido acompanharam o mesmo comportamento. Em relação a excreção de nitrogênio via urina, os animais consumindo os tratamentos GIEM+POEM e GIEM, tiveram excreção 34% menor, quando comparado àqueles que consumiram as dietas CONT e POEM. As maiores ($P < 0,05$) concentrações de NUP foram observadas nos animais alimentados com a dieta CONT, 34% a mais que os animais que receberam a dieta GIEM+POEM, o mesmo padrão foi observado para o NUU, com menor concentração também nos animais consumindo a dieta GIEM+POEM, apresentando 50% a menos em comparação os alimentados com a dieta CONT. Os resultados apontam que a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana associada ou não ao gérmen integral extragordo de milho aumentou o consumo de matéria seca e nitrogênio, além de aumentar a absorção e retenção de nitrogênio pelos animais.

Palavras-chave: *Cactaceae*; metabolismo proteico; caprinos; ovinos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of including full-fat corn germ (GIEM) and Mexican Elephant Ear POEM (POEM) on nitrogen balance in small ruminants. The experiment was conducted at the Department of Animal Science of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), in Recife, Brazil, using four sheep and four goats, crossbred, rumen-fistulated and cannulated, castrated males, with average body weights of 38 ± 6.4 kg and 35 ± 3.9 kg, respectively. A 4×4 Latin square design in a 2×4 factorial arrangement was adopted, over an 88-day trial divided into four periods, each consisting of 14 days of adaptation and 8 days of sampling. The experimental diets included Tifton 85 hay and POEM cladodes as forage sources and a concentrate composed of ground corn, soybean meal, salt, mineral premix, and corn germ, with a 60:40 forage-to-concentrate ratio. Treatments were: CONT (no GIEM or POEM), GIEM (with GIEM, no POEM), POEM (with POEM, no GIEM), and GIEM+POEM (with both GIEM and POEM). Nutrient intake was estimated from feed offered and refusals. Total urine and feces were collected from days 17 to 19 for nitrogen excretion analysis and quantification of urinary nitrogen (UN) and urinary urea nitrogen (UUN). On day 20, blood samples were collected for plasma urea nitrogen (PUN) determination. Significant effects ($P < 0.05$) of treatments were observed for dry matter intake (DMI), nitrogen intake, urinary nitrogen excretion, absorbed nitrogen, retained nitrogen, PUN, and UUN. No significant differences ($P > 0.05$) were detected between species or for the species × treatment interaction for fecal nitrogen excretion, total nitrogen excretion, or nitrogen balance. The GIEM+POEM diet resulted in the highest DMI, 27.7% higher than the GIEM diet alone. Nitrogen intake, absorption, and retention followed the same trend. Animals fed the GIEM+POEM and GIEM diets showed, on average, 34% lower urinary nitrogen excretion compared to those on the CONT and POEM diets. The highest PUN and UUN values were observed in the CONT group, while the GIEM+POEM group had 34% and 50% lower PUN and UUN concentrations, respectively. These findings indicate that the inclusion of Mexican Elephant Ear POEM, either alone or in combination with full-fat corn germ, improves nitrogen utilization efficiency by enhancing intake, absorption, and retention in small ruminants.

Keywords: *Cactaceae*; protein metabolism; goats; sheep

1. INTRODUÇÃO

A caprinocultura e a ovinocultura ocupam papel de destaque na pecuária brasileira, especialmente na região Nordeste, que concentra cerca de 94,5% do rebanho caprino e 68,5% do rebanho ovino nacional, segundo dados do IBGE (2023). A produção, predominantemente em sistemas de base familiar, constitui importante fonte de renda e segurança alimentar, além de contribuir para a fixação das famílias no campo (ALVES et al., 2022). Entretanto, esses sistemas enfrentam desafios estruturais que comprometem sua sustentabilidade, incluindo baixa adoção de tecnologias, rebanhos de pequena escala produtiva e vulnerabilidade às condições climáticas adversas, como períodos prolongados de estiagem, que reduzem drasticamente a disponibilidade de forragem e água (DIDA, 2021). A ausência de planejamento alimentar por parte dos criadores agrava essas limitações, resultando em perdas de desempenho e, em casos extremos, mortalidade animal.

A adoção de alternativas forrageiras adaptadas ao clima semiárido é essencial para assegurar a manutenção e produtividade dos rebanhos. Entre essas alternativas, a palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw), destaca-se como recurso estratégico devido ao seu elevado teor de carboidratos não fibrosos e alto conteúdo hídrico, particularmente a variedade Orelha de Elefante Mexicana (POEM) que possui resistência à cochonilha-do-carmim (Pessoa et al., 2020; Lopes et al., 2020). Essa forrageira, amplamente utilizada no dia a dia dos produtores do semiárido, contribui para o fornecimento de energia e água aos animais, mas apresenta limitações nutricionais, como baixo teor de proteína bruta e de fibra fisicamente efetiva, o que demanda sua associação com outras fontes alimentares para compor dietas equilibradas (GAMA et al., 2021; CAVALCANTI et al., 2008).

Uma alternativa para suprir essas deficiências é o uso de resíduos e coprodutos oriundos da agroindústria, que se apresentam como ingredientes de baixo custo e com potencial para melhorar o valor nutricional das dietas (MACHADO et al., 2019). Dentre esses, destaca-se o gérmen integral extragordo de milho (GIEM), obtido através da moagem úmida do grão, caracterizado por alto teor de extrato etéreo (40–50%) e moderado teor de proteína (10-12%) (SILVA et al., 2022; GALEANO et al., 2022). Esse subproduto oferece elevada densidade energética, favorece o aproveitamento da energia líquida e pode reduzir a produção de calor metabólico, benefício relevante em condições de estresse térmico (GUPTA; MONDAL, 2019; HAMZAOUI et al., 2021).

A combinação da palma forrageira orelha de elefante mexicana e do gérmen integral extragordo de milho apresenta potencial para estabelecer uma relação ideal entre energia e proteína no rúmen, promovendo condições favoráveis para o crescimento microbiano e a

máxima digestão dos nutrientes. A alta fermentabilidade dos carboidratos da palma, associada à liberação mais lenta de energia proveniente do amido do GIEM, pode favorecer a utilização mais eficiente do nitrogênio, reduzindo perdas e aumentando a retenção proteica. Essa estratégia nutricional não apenas melhora o desempenho produtivo dos animais, mas também contribui para a sustentabilidade da atividade, ao aproveitar recursos adaptados ao clima semiárido e subprodutos agroindustriais, reduzindo custos e impactos ambientais. Em vista disso, hipotetizou-se que, o gérmen integral extra gordo de milho e palma Orelha de Elefante Mexicana aumenta a retenção de nitrogênio, reduz a excreção urinária e otimiza a eficiência do uso de nitrogênio em caprinos e ovinos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Objetivou-se avaliar o balanço de nitrogênio em caprinos e ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira associada ao gérmen integral extragordo de milho.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar:

- O nitrogênio ingerido;
- Excreção de nitrogênio via fezes, urina e excreção total;
- Balanço de nitrogênio;
- Nitrogênio ureico plasmático;
- Nitrogênio ureico urinário.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Panorama da caprinocultura e ovinocultura no Brasil e no Nordeste

A caprinocultura e a ovinocultura possuem grande relevância socioeconômica no Brasil, com destaque para o Nordeste, que concentra cerca de 94,5% do rebanho caprino e 68,5% do rebanho ovino nacional (IBGE, 2023). Predominam sistemas familiares, nos quais a atividade representa fonte de renda e segurança alimentar, além de contribuir para a fixação das famílias no campo (ALVES et al., 2022; COSTA, 2008).

Apesar do potencial, a atividade enfrenta limitações como baixa adoção de tecnologias, escala reduzida de produção e dependência das condições climáticas. A irregularidade das chuvas compromete a disponibilidade de forragem e água, agravada pela ausência de planejamento alimentar (DIDA, 2021). Nesse cenário, forrageiras adaptadas como a palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) tornam-se estratégicas, mas sua utilização deve ser associada a outros ingredientes para suprir deficiências nutricionais (Pessoa et al., 2020; Lopes et al., 2020).

Assim, a sustentabilidade da caprinocultura e ovinocultura no Nordeste depende da integração entre recursos forrageiros adaptados, manejo eficiente e uso de coprodutos agroindustriais, visando maior eficiência produtiva e resiliência às adversidades climáticas.

3.2 Desafios e consequências da ausência de planejamento alimentar

A ausência de planejamento alimentar é um dos principais entraves à eficiência produtiva na caprinocultura e ovinocultura do Nordeste. Em sistemas familiares, a alimentação dos rebanhos costuma depender quase exclusivamente da oferta natural de forragem, que é fortemente afetada pela sazonalidade e irregularidade das chuvas no semiárido (DIDA, 2021; VOLTOLINI, 2011). Durante períodos de estiagem prolongada, a disponibilidade de alimento de qualidade é reduzida, resultando em perda de peso, queda na produção de leite e carne, atraso no crescimento e, em casos extremos, mortalidade (COSTA, 2008; LUCENA, 2011).

Além das limitações climáticas, a falta de assistência técnica e o acesso restrito a insumos e tecnologias dificultam a adoção de estratégias como o cultivo de forrageiras adaptadas, a conservação de alimentos e o uso de coprodutos agroindustriais (MARQUES et al., 2017). Nessas condições, muitos produtores não mantêm reservas estratégicas de volumosos ou concentrados para o período seco, tornando-se dependentes de compras emergenciais, geralmente a custos elevados, o que compromete a viabilidade econômica da atividade (SANTOS, 2022).

O planejamento alimentar adequado, baseado na disponibilidade de recursos locais e no balanceamento das dietas, é fundamental para minimizar os efeitos da sazonalidade, aumentar a produtividade e melhorar a sustentabilidade dos sistemas. A integração de forrageiras resistentes à seca, como a palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw), com ingredientes ricos em fibra, proteína ou energia, representa uma alternativa viável para pequenos produtores no semiárido, permitindo reduzir perdas e garantir maior estabilidade produtiva ao longo do ano (Pessoa et al., 2020; Lopes et al., 2020).

3.3 A palma forrageira no semiárido: importância e limitações nutricionais

A palma forrageira (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) é amplamente utilizada na alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro devido à sua elevada adaptação às condições edafoclimáticas adversas, à resistência à seca e à capacidade de produzir grandes volumes de biomassa mesmo em solos de baixa fertilidade (DUBEUX JR. et al., 2015; PESSOA et al., 2020). Seu metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) permite a abertura dos estômatos durante a noite, reduzindo a perda de água e aumentando a eficiência do uso hídrico, que pode ser de seis a treze vezes superior à de plantas C3 e C4 (FISHER; TURNER, 1978; HOPKINS; HUNER, 2009).

Do ponto de vista nutricional, a palma apresenta alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF) e baixo teor de fibra em detergente neutro (FDN) (Tabela 1), o que resulta em elevada digestibilidade e rápida taxa de passagem ruminal (OLIVEIRA, 2011; LOPES et al., 2020). Além disso, seu conteúdo hídrico pode ultrapassar 90%, fornecendo parte significativa da água exigida pelos animais e reduzindo o consumo via bebedouro (LUCENA, 2011).

Tabela 1. Composição química da palma forrageira *Opuntia stricta* Haw

Referências	Palma Forrageira	MS (g/kg) ¹	MO (g/kg) ²	PB (g/kg) ²	CNF (g/kg) ²	FDN (g/kg) ²
Pessoa et al. (2020)	<i>Opuntia stricta</i> Haw	97	887	53	617	210
Lopes et al. (2020)	<i>Opuntia stricta</i> Haw	97	851	55	580	198
Monteiro et al. (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw	123	914	55	550	259
Morais et al. (2019)	<i>Opuntia stricta</i> Haw	108	893	64	545	274

¹ = Com base na matéria natural; ² = Com base na MS; MS= matéria seca; MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; CNF= carboidratos não fibrosos; FDN= fibra em detergente neutro.

No entanto, o uso isolado da palma na dieta apresenta limitações. Seu baixo teor de proteína bruta e de fibra fisicamente efetiva pode comprometer a fermentação ruminal e reduzir o desempenho, além de favorecer a ocorrência de fezes mais pastosas (SANTOS et al., 1992; MARQUES et al., 2017). Por isso, recomenda-se sua associação com volumosos fibrosos e

fontes proteicas ou energéticas que complementem seu perfil nutricional (GAMA et al., 2021; CAVALCANTI et al., 2008).

3.4 Resíduos e coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes

A utilização de resíduos e coprodutos agroindustriais como ingredientes na formulação de dietas para ruminantes representa uma estratégia relevante para reduzir custos de produção, otimizar o aproveitamento de recursos e mitigar impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de subprodutos. No contexto da pecuária em regiões semiáridas, essa prática adquire ainda maior importância, uma vez que a disponibilidade de insumos convencionais, como grãos e farelos, é limitada e frequentemente onerosa para pequenos e médios produtores (Machado et al., 2019; Gama et al., 2021).

Os coprodutos de origem vegetal, oriundos da indústria de processamento de grãos, oleaginosas, frutas e cana-de-açúcar, destacam-se pelo potencial nutricional e pela viabilidade econômica. Exemplos incluem farelo de soja, polpa cítrica, casca de café, resíduo úmido de cervejaria e subprodutos do milho, como o gérmen integral extragordo de milho (GIEM). Esses ingredientes, quando devidamente processados e balanceados na dieta, podem fornecer energia, proteína e fibra de boa qualidade, além de compostos bioativos com potencial efeito funcional na saúde e no desempenho animal (Santos et al., 2020; Silva et al., 2022).

A inclusão de coprodutos na alimentação de ruminantes deve considerar aspectos como composição bromatológica, digestibilidade, presença de fatores antinutricionais e variabilidade entre lotes. Além disso, a proporção de inclusão deve ser ajustada para evitar desequilíbrios nutricionais e comprometimento da fermentação ruminal. Subprodutos ricos em lipídios, por exemplo, exigem atenção à quantidade ofertada, uma vez que teores superiores a 7% de extrato etéreo na dieta total podem reduzir a digestibilidade da fibra e a ingestão de matéria seca (NRC, 2001; Gupta; Mondal, 2019; Hamzaoui et al., 2021).

Do ponto de vista ambiental, a valorização de resíduos agroindustriais contribui para a economia circular e para a redução de passivos ambientais. A destinação desses materiais para a nutrição animal evita seu acúmulo e descarte inadequado, que poderiam causar poluição de solos e recursos hídricos. Além disso, o aproveitamento de coprodutos locais reduz a dependência de insumos importados ou transportados a longas distâncias, diminuindo a pegada de carbono da produção pecuária (Rezende et al., 2020; Gama et al., 2021).

Portanto, a integração de resíduos e coprodutos agroindustriais na dieta de ruminantes deve ser considerada como uma prática estratégica, desde que fundamentada em análises bromatológicas, planejamento nutricional e monitoramento do desempenho e saúde dos

animais. No caso do semiárido brasileiro, a associação de coprodutos energéticos, como o GIEM, com volumosos adaptados, como a palma forrageira, constitui uma alternativa técnica e economicamente viável para aumentar a eficiência dos sistemas produtivos.

3.5 O gérmen integral extragordo de milho: composição e aplicações

O gérmen integral extragordo de milho (GIEM) é um coproduto obtido principalmente a partir do processamento do milho por moagem úmida, sendo constituído pelo embrião do grão e suas estruturas associadas. Representa aproximadamente 10–14% da massa total do grão e concentra a maior parte dos lipídios, o que lhe confere elevada densidade energética (Miotto et al., 2009; Galeano et al., 2022; Silva et al., 2022). Seu teor de extrato etéreo, que pode variar entre 40% e 50% na matéria seca, é significativamente superior ao de outros ingredientes energéticos convencionais, como o milho moído (Tabela 2), além de apresentar teores moderados de proteína bruta (10–12%) e fibra detergente neutro (NDF).

Tabela 2. Composição química do gérmen e milho moído

Ingredientes	MS (g/kg) ¹	PB (g/kg) ²	EE (g/kg) ²	FDN (g/kg) ²	CNF (g/kg) ²	Referências
Milho moído	87,96	9,01	4,02	13,05	72,32	CQBAL 4.0
Gérmen integral gordo (Moagem seca)	90,2	10,5	11,0	15,7	59,6	Almeida et al. (2014)
	90,1	10,3	12,1	38,0	-	Calderano et al. (2010)
	95,0	15,8	19,9	22,8	36,0	Abdelqader et al. (2009)
	94,0	15,8	20,0	24,5	36,0	Abdelqader et al. (2009)
	83,3	19,7	11,6	18,8	43,1	Castro et al. (2009)
	83,2	12,9	15,6	21,2	46,7	Miotto et al. (2009)
Gérmen integral extragordo (Moagem úmida)	95,6	10,6	48,1	24,1	16	Silva et al. (2022)
	89,7	12,3	47,9	24,0	14,9	Galeano et al. (2022)
	95,4	12,7	44,3	55,7	-	Lopes et al. (2019)
	96,4	11,5	49,5	-	-	Albuquerque et al. (2014)
	90,7	10,7	42,5	44,4	13,1	Silva et al. (2013)
	95,0	13,0	44,0	-	-	Miller et al. (2009)

¹ = Com base na matéria natural; ² = Com base na MS; MS= matéria seca; MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; CNF= carboidratos não fibrosos; FDN= fibra em detergente neutro.

Do ponto de vista nutricional, o GIEM é uma fonte estratégica de energia para ruminantes, pois a inclusão de lipídios na dieta pode reduzir o incremento calórico e minimizar o estresse térmico, especialmente em regiões semiáridas (Gupta; Mondal, 2019; Hamzaoui et

al., 2021). Além disso, a gordura presente no GIEM possui perfil de ácidos graxos com elevada proporção de insaturados, como oleico (C18:1) e linoleico (C18:2), que, quando associados a estratégias de manejo que favoreçam menor biohidrogenação ruminal, podem contribuir para a melhoria do perfil lipídico de produtos de origem animal, como carne e leite (Palmquist; Mattos, 2006; Gama et al., 2021).

3.6 Associação de POEM e GIEM: efeitos sobre a utilização de proteína e balanço de nitrogênio

A combinação da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (POEM) com o gérmen integral extragordo de milho (GIEM) representa uma alternativa nutricional de destaque para ruminantes no semiárido, devido à complementaridade de suas características químico-bromatológicas. A POEM fornece elevado teor de carboidratos não fibrosos (CNF), alta digestibilidade e elevada umidade, enquanto o GIEM apresenta alta densidade energética, oriunda de lipídios (40–50% de extrato etéreo) e moderado teor de proteína bruta (10–12%) (Galeano et al., 2022; Silva et al., 2022; Santos, 2021).

3.6.1 Palma associada a fontes lipídicas

Embora o GIEM seja uma fonte energética de alta qualidade, o seu uso em excesso pode comprometer a fermentação ruminal. Lipídios, podem formar uma camada hidrofóbica sobre as partículas alimentares no rúmen, limitando o acesso físico das bactérias fibrolíticas à fibra (Palmquist; Mattos, 2006). Além disso, AGPI como o ácido linoleico (C18:2) e o ácido α -linolênico (C18:3), presentes no gérmen de milho, exercem efeito tóxico sobre as membranas celulares de microrganismos sensíveis, causando desestabilização da bicamada lipídica, aumento da permeabilidade e inibição enzimática (Jenkins, 1993; Doreau; Ferlay, 1995). As bactérias celulolíticas, como *Ruminococcus albus* e *Fibrobacter succinogenes*, estão entre as mais afetadas, além de algumas proteolíticas, resultando em queda na digestibilidade da fibra detergente neutro (FDN), da proteína bruta, e no aproveitamento dos volumosos (Santos, 2021).

A inclusão da POEM na dieta pode atenuar esses impactos por diferentes mecanismos. Seu alto teor de CNF de rápida fermentação promove a produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e fornece energia prontamente disponível para as bactérias, favorecendo a recuperação da população microbiana após a exposição aos AGPI (Pessoa et al., 2020; Lopes et al., 2020).

Além disso, a palma forrageira apresenta elevados teores de pectinas em sua composição, substâncias que aumentam a taxa de passagem dos alimentos no rúmen, reduzindo o tempo de interação das bactérias responsáveis pela biohidrogenação lipídica (EMBRAPA, 2020). Esse efeito pode interferir na última fase da biohidrogenação, inibindo parcialmente o

processo e, conseqüentemente, aumentando a concentração de ácidos graxos poli-insaturados no produto final, como observado em dietas suplementadas com palma forrageira (Silva et al., 2019).

3.6.3 Balanço de nitrogênio

O balanço de nitrogênio (BN) é um indicador da relação entre a quantidade de nitrogênio ingerida e a quantidade excretada nas fezes e urina, refletindo a eficiência de utilização da proteína dietética (Van Soest, 1994). Valores positivos de BN indicam retenção de nitrogênio e síntese tecidual, enquanto valores negativos sugerem mobilização proteica e perda de massa corporal.

Para ruminantes em crescimento ou produção, recomenda-se que o BN seja levemente positivo, o que geralmente corresponde a níveis de ingestão de proteína bruta entre 12 e 16% da matéria seca, dependendo da categoria animal e do nível de produção (NRC, 2001; Santos, 2021). A associação de POEM e GIEM pode favorecer o BN por dois motivos principais:

- Fornecimento sincronizado de energia e nitrogênio, a palma disponibiliza energia rapidamente fermentescível, estimulando o crescimento microbiano e aumentando a captura de amônia ruminal;
- Proteção da proteína contra degradação excessiva, o teor lipídico do GIEM pode reduzir a taxa de fermentação de alguns compostos nitrogenados no rúmen, aumentando o fluxo de proteína não degradada (PNDR) para o intestino delgado.

A combinação do GIEM com forragens como a palma *Opuntia stricta* (Haw.) Haw possibilita o aproveitamento sinérgico entre fontes energéticas de rápida e lenta degradação, favorecendo a sincronização entre nitrogênio e energia no rúmen e, conseqüentemente, otimizando o uso do nitrogênio no rúmen (Barros et al., 2018; Silva et al., 2022). Essa associação pode representar uma estratégia nutricional promissora para pequenos ruminantes mantidos em ambientes de altas temperaturas, com limitações de recursos e exigências nutricionais elevadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações éticas e local do experimento

Os procedimentos experimentais com os animais foram executados de acordo com as recomendações do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), todos os procedimentos experimentais seguiram as diretrizes estabelecidas pela Comissão de Ética no Uso de Animais para Pesquisa da Universidade Federal Rural de Pernambuco - CEUA/UFRPE (sob a licença N° 1556250624).

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da UFRPE, localizado em Recife, PE, Brasil (8°04'03" S e 34°55'00" W), a uma altitude de 4 m. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima é do tipo "AM" (Alvares et al., 2013), que é quente e úmido, com temperatura média anual de 25,2 °C e precipitação acima de 1000 mm.

4.2 Animais, manejo e tratamentos experimentais

Foram utilizados quatro ovinos e quatro caprinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com peso corporal inicial médio de $38 \pm 6,4$ kg e $35 \pm 3,9$ kg, respectivamente. Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados, tratados contra endo e ectoparasitas, vacinados contra clostridiose e mantidos em sistema de confinamento em baias individuais (2,0 m × 1,0 m), com piso ripado e equipadas com comedouros e bebedouros.

Os animais foram distribuídos em dois quadrados latinos (4x4) em um arranjo fatorial 2x4 (duas espécies e quatro tratamentos). O período experimental foi compreendido por 88 dias, sendo quatro períodos experimentais com duração de 22 dias, divididos em 14 dias de adaptação dos animais as dietas e manejo e 8 dias para coleta de dados e amostras. Os animais foram pesados no início e no final de cada período.

A composição química, a proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais está apresentada nas Tabelas 3 e 4. As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais de caprinos e ovinos para manutenção com base no PV, de acordo com as recomendações do Conselho Nacional de Pesquisa (NRC, 2007). As dietas foram compostas por volumoso à base de feno de capim Tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.) e palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) e um concentrado composto por milho moído, farelo de soja, sal comum, mistura mineral, e gérmen integral extra gordo de milho, com relação volumoso:concentrado de 60:40 (Tabela 4).

Os tratamentos envolveram quatro dietas experimentais: Sem palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (POEM) e sem gérmen de milho (tratamento - CONT); Sem (POEM) +

gérmen de milho (tratamento - GIEM); com (POEM) e sem gérmen de milho (tratamento - POEM); Com (POEM) e gérmen de milho (tratamento – GIEM+POEM) (Tabela 3).

Tabela 3. Composição bromatológica dos ingredientes

Ingredientes	Composição bromatológica (g/kg MS)							
	MS ¹	MM ²	PB ³	EE ⁴	FDN ⁵	FDNcp ⁶	CHOT ⁷	CNF ⁸
Feno de Tifton	809,5	49,9	83,8	17,5	734,4	698,2	853,2	147,3
Palma OEM	93,2	160,0	53,0	14,8	279,4	250,7	771,7	521,0
GIEM*	963,9	13,6	111,5	527,9	258,5	220,8	347,0	126,2
Milho	894,9	19,1	94,2	52,8	199,7	174,6	834,0	651,0
Farelo de Soja	895,2	67,5	473,8	34,6	350,1	190,1	424,1	234,0
Sal Mineral	1000,0	1000,0	-	-	-	-	-	-

*Gérmen integral extra gordo de Milho. ¹Materia seca (g/kg MN). ²Materia mineral. ³Proteína bruta. ⁴Extrato etéreo. ⁵Fibra insolúvel em detergente neutro. ⁶Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína. ⁷Carboidratos totais, estimado segundo Sniffen et al. (1992), onde: CHOT = 100 – (%PB + %EE + %MM). ⁸Carboidratos não fibrosos, estimados segundo Detmann & Valadares Filho (2010), onde: CNF = 100 – (%FDNcp + %EE + %MM + %PB).

O feno de capim Tifton 85 foi triturado utilizando o triturador elétrico da marca Laboremus® (modelo TF150n) moído em partícula de aproximadamente 5,0 cm, depois de processado o feno foi estocado semanalmente, a palma forrageira foi triturada com corte de 4 cm, utilizando um fatiador estacionário da marca Laboremus® (modelo MC3n), diariamente antes de cada oferta do alimento, o milho foi moído no triturador de milho por peneira com crivo de 3,18 mm. As dietas foram ofertadas individualmente na forma de mistura completa, à vontade, duas vezes ao dia, às 8h (60 % do total oferecido no dia) e às 16:00 (40 % do total oferecido no dia), tendo água limpa e fresca permanentemente à disposição. O ajuste da oferta foi realizado diariamente, de acordo com a ingestão de matéria seca do dia anterior, permitindo sobras de 10% do ofertado com base na matéria seca.

Tabela 4. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca (g/kg MS)

Ingredientes	Tratamentos			
	CONT ²	GIEM ³	POEM ⁴	GIEM + POEM ⁵
	(g/kg MS)			
Feno de Capim Tifton	600	600	300	300
Palma OEM ¹	0	0	300	300
GIEM*	0	70	0	76
Milho	300	230	260	184
Farelo de Soja	80	80	120	120
Sal Mineral ⁶	10	10	10	10
Sal Comum	10	10	10	10
Total	1000	1000	1000	1000
Composição bromatológica (g/kg MS)				
Matéria Seca (g/kg MN)	842,9	846,9	247,9	248,2
Matéria mineral (g/kg MS)	61,1	60,7	96,2	95,8
Matéria orgânica (g/kg MS)	938,9	939,3	903,8	904,2
Proteína bruta (g/kg MS)	116,4	117,7	122,4	123,7
Extrato etéreo (g/kg MS)	29,1	62,4	27,6	63,7
Fibra Insolúvel em detergente neutro	528,6	532,7	398,1	402,5
FDNcp ⁸	486,5	489,7	352,9	356,4
Carboidratos não fibrosos ⁹	306,9	269,5	400,9	360,4
Carboidratos totais ¹⁰	793,4	759,2	753,8	716,8

¹Palma Orelha de Elefante Mexicana. *Gérmen integral extra gordo de Milho. ²Controle. ³Gérmen integral de milho extra gordo. ⁴Palma Orelha de Elefante Mexicana. ⁵Gérmen integral de milho extra gordo + Palma Orelha de Elefante Mexicana. ⁶Níveis de garantia (nutrientes/kg): Cálcio-218g; Enxofre-20g; Fósforo-20g; Magnésio-20g; Potássio- 28,20g; Cobre- 400mg; Cobalto- 30mg; Cromo- 10mg; Ferro-2500mg; Iodo-40mg; Manganês-1350mg; Molibdênio- 108mg; Selênio- 10mg e Zinco- 1700mg. ⁸Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para proteína e cinzas. ⁹Estimado de acordo com equação proposta por Detmann e Valadares Filho (2010): CNF = 100 - (%MM + %EE + %FDNcp + %PB), expresso excluindo cinzas residuais e proteínas. ¹⁰Carboidratos totais, estimado segundo Sniffen et al. (1992), onde: CHOT = 100 - (%PB + %EE + %MM). ¹¹Nutrientes digestíveis totais, estimado de acordo com equação proposta Weiss (1999).

4.3 Consumo dos nutrientes

O consumo dos nutrientes foi obtido pela diferença entre a quantidade ofertada e as sobras nos comedouros. Durante todos os períodos de coletas, foram amostrados ingredientes e sobras da dieta ofertada. Essas amostras foram identificadas e armazenadas em freezer para posteriores análises. As amostras foram agrupadas, de forma proporcional a cada período, formando amostras compostas.

As amostras compostas dos alimentos fornecidos e, das sobras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, a temperatura controlada de 55°C, durante 72 horas. Após a pré-secagem, todo o material foi moído em moinho de facas tipo Willey com peneira de crivos de 1 mm, para análises laboratoriais, quanto aos teores de matéria seca, proteína bruta, determinados de acordo com a metodologia descrita por (Detmann et al., 2021).

4.4 Balanço de nitrogênio

A coleta total de urina foi realizada do 17° ao 19° dia de cada período experimental, utilizando-se funis coletores para conduzir a urina até um recipiente de plástico contendo 100 mL de solução de ácido sulfúrico a 10%, a quantidade de ácido foi ajustada, quando necessário, para manter o pH inferior a 3,0 (Chen & Gomes, 1992); para isso, o pH foi aferido a cada seis horas. Ao final de cada dia foram determinados o peso e o volume total de urina, em seguida foi retirada uma alíquota de 50 mL, posteriormente congelada a -20°C para análises químicas. O teor de nitrogênio total foi determinado utilizando a metodologia descrita pela AOAC (2000) e adaptada por Detmann et al. (2021).

Foi realizada a coleta total de fezes entre o 17° ao 19° dia de cada período experimental utilizando bolsas coletoras, com dois dias de adaptação ao corpo dos animais antes do período de coletas. Foram realizados esvaziamentos parciais das bolsas a cada quatro horas, dentro do período de 24 horas, com a finalidade de evitar perdas por umidade ou desconforto dos animais por excesso de peso, as fezes foram reservadas em baldes e sacolas plásticas. Após as 24 horas, foram pesadas e homogeneizadas, retirando-se alíquotas de 20 a 30% por animal para serem armazenadas sob congelamento a -20 °C, ao final do período de coleta total, as amostras foram descongeladas para formar amostras compostas, dessas, 10% do total de fezes produzidas foi destinado para pré-secagem.

4.5 Concentrações de N ureico plasmático e urinário

No vigésimo primeiro dia de cada período experimental, quatro horas após o fornecimento da alimentação matinal. Foram realizadas as coletas de amostras de sangue através da punção da veia jugular, com agulhas descartáveis 21Gx1 (Vacutainer®) e tubos tipo Vacutainer® Fluoreto/EDTA, para obtenção do plasma. Após a coleta as amostras foram centrifugadas por 15min a 3000 rpm, em seguida foram acondicionadas em microtubos tipo Eppendorfs®, devidamente identificados e congeladas a -20°C até a realização das análises. Foram determinadas a dosagem da concentração de ureia (mg/dL), foram determinados utilizando kits comerciais Labtest®, seguindo as recomendações do fabricante. A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,4667. A dosagem do metabólito foi obtida pela técnica de espectrofotometria, com

as leituras realizadas no analisador bioquímico LabMax 240®. (LABTEST Diagnostic SA, Brazil).

4.6 Delineamento experimental e análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAS (9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC) usando o procedimento MIXED. As variáveis dependentes foram analisadas como um delineamento quadrado latino 4 x 4, em arranjo fatorial 2 x 4, composto por 8 animais (quatro caprinos e quatro ovinos).

O modelo estatístico foi: $Y_{ijkl} = \mu + E_i + T_j + Ak(i) + ExT(ij) + Pl + Eijkl$

Em que Y_{ijkl} , é a variável de resposta dependente, μ é a média geral; E_i é o efeito fixo da espécie (ou quadrado $i = 1, 2$); T_j é o efeito fixo do tratamento com espécie (ou quadrado) ($i = 1, 2$); T_j é o efeito fixo do tratamento ($j = 1, 2, 3, 4$); $Ak(i)$ é o efeito aleatório do animal k dentro do quadrado (espécie) ; $ExT(ij)$ é a interação da espécie e tratamento; Pl é o efeito aleatório do período ($I = 1$ a 4) e $Eijkl$ é o erro residual. A comparação entre as médias foi realizado pelo teste de Tukey-Kramer e os efeitos foram considerados significativos com 5% ($P < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados

Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre o consumo de matéria seca (MS, g/dia), consumo total de nitrogênio (g/dia), excreção de nitrogênio via urina (g/dia), N absorvido (g/dia), N retido (g/dia), sobre a concentração de nitrogênio ureico plasmático (NUP, mg dL⁻¹) e nitrogênio ureico urinário (NUU, mg kg⁻¹ PC). Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$; tabela 5) das espécies ou da interação entre espécie e tratamento para as demais variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio, como a excreção fecal

O maior consumo de MS (tabela 5), pode ser observado nos animais alimentados com dietas contendo GIEM + POEM e o menor consumo na dieta GIEM, com destaque para os valores (1320,93 e 955,01 g/dia, respectivamente), o consumo total de nitrogênio, o N absorvido, e o N retido acompanharam o mesmo comportamento. Em relação a excreção de nitrogênio via urina, os animais consumindo os tratamentos GIEM+POEM e GIEM, apresentaram os menores valores (0,81 e 0,88 g/dia, respectivamente), enquanto os consumindo os tratamentos CONT e POEM, os maiores (1,37 e 1,21 g/dia, respectivamente).

As maiores concentrações de NUP (tabela 5) foram observadas nos animais alimentados com a dieta CONT (21,94 mg/dL) e menor nos animais que receberam a dieta GIEM+POEM (14,50 mg/dL), o mesmo padrão foi observado para o nitrogênio ureico urinário (NUU), com menor concentração também nos animais consumindo a dieta GIEM + POEM (187,65 mg/kg PC), em comparação os alimentados com a dieta CONT (374,29 mg/kg PC).

Os animais do tratamento GIEM + POEM, destacaram-se por apresentar maior consumo de matéria seca e maior consumo total de nitrogênio, em relação aos animais dos demais tratamentos. Também houve efeito dos tratamentos ($P < 0,05$) sobre a excreção de nitrogênio via urina, sendo os menores valores registrados nos animais dos tratamentos GIEM + POEM e GIEM, enquanto os animais dos tratamentos CONT e POEM apresentaram os maiores valores.

Apesar de todos os animais apresentarem BN positivo (>30%), os animais que consumiram as dietas contendo palma forrageira, POEM e GIEM + POEM, apresentaram balanço mais positivo quando comparado aos outros animais.

As maiores concentrações de NUP e NUU foram observadas nos animais do tratamento CONT, quando comparado com as demais, enquanto os animais do tratamento GIEM + POEM apresentaram as menores concentrações, comparativamente com os animais alimentados com as dietas CONT, GIEM e POEM. As demais variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio, como excreção fecal, nitrogênio absorvido e retido, não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos e espécies ($P > 0,05$) e também não houve interações.

Tabela 5. Efeitos da palma forrageira e do gérmen integral extragordo de milho sobre o balanço de nitrogênio e as concentrações de nitrogênio ureico plasmático e urinário em caprinos e ovinos

Variáveis	Espécie (E)		EPM ¹	Tratamentos (T) ²				EPM ¹	P-Valor		
	Caprino	Ovino		CONT	GIEM	POEM	GIEM+ POEM		E ³	T ⁴	E x T ⁵
Consumo (g/dia)											
Matéria seca	1178,89	1171,66	61,123	1148,00ab	955,01b	1277,18ab	1320,93a	51,463	0,970	0,042	0,721
Total de N	22,06	21,09	0,931	19,29b	19,37b	21,46ab	26,18a	0,932	0,702	0,025	0,959
Balanço de nitrogênio											
N fezes (g/dia)	5,69	5,62	0,172	5,95	5,11	5,84	5,73	0,173	0,901	0,235	0,451
N urina (g/dia)	1,00	1,13	0,065	1,37a	0,88b	1,21a	0,81b	0,066	0,453	0,001	0,470
Excreção total de N (g/dia)	6,55	6,67	0,202	7,09	6,01	6,92	6,43	0,203	0,860	0,164	0,292
N absorvido (g/dia)	18,23	16,58	0,798	14,17b	14,45b	20,22ab	20,79a	0,905	0,487	0,019	0,776
N retido (g/dia)	17,21	15,42	0,759	12,81b	13,60b	18,92a	19,92a	0,892	0,432	0,014	0,758
N absorvido (%N ingerido)	74,21	73,59	0,913	71,76	73,55	73,32	76,98	0,924	0,815	0,213	0,751
Balanço de nitrogênio (%)	71,75	69,95	1,109	65,43b	69,61b	71,08ab	77,28a	1,106	0,809	0,016	0,541
Concentrações de N ureico plasmático e urinário											
NUP (mg dL ⁻¹) *	18,20	17,96	0,657	21,94a	18,45ab	17,44ab	14,50b	0,802	0,818	0,009	0,797
NUU (mg kg ⁻¹ PC) *	268,36	297,18	20,125	374,29a	254,87ab	314,28ab	187,65b	20,365	0,538	0,020	0,988

¹Erro padrão da média. ²CONT=Sem palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (POEM) e sem gérmen de milho; GIEM=Sem (POEM) + gérmen de milho; POEM=Com (POEM) e sem gérmen de milho; GIEM+POEM=Com (POEM) e gérmen de milho. ³E = Efeito da espécie; ⁴T = Efeito do tratamento; ⁵ExT = efeito da interação entre espécies e tratamento; N = nitrogênio; BN = balanço de nitrogênio; NUP = N-ureico no plasma; NUU = N-ureico na urina; médias seguidas por letras distintas na linha, dentro do mesmo fator, diferem pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05).

5.2 Discussão

O maior consumo de matéria seca (CMS) e de nitrogênio (CN) observado nos animais alimentados com as dietas POEM e GIEM + POEM pode ser atribuído à elevada palatabilidade da palma forrageira, que favoreceu sua aceitação e ingestão. Essa característica está relacionada ao alto teor de umidade, à textura suculenta e ao baixo conteúdo de fibra insolúvel, fatores que estimulam o consumo voluntário, facilitam a mastigação e contribuem para o aumento da digestibilidade (Araújo et al., 2022). Além disso, a maior concentração de carboidratos não fibrosos (CNF) e o menor teor de fibra em detergente neutro (FDN) presentes na dieta (Tabela 4) também favoreceram a ingestão. Destaca-se que as dietas foram oferecidas na forma de mistura total, com a palma previamente triturada. Devido ao seu elevado teor de mucilagem, essa forrageira contribuiu para a homogeneização da mistura, reduzindo a seleção dos ingredientes e, conseqüentemente, promovendo maior consumo pelos animais (Schingoethe, 2017).

O menor CMS dos animais alimentados com a dieta GIEM pode estar associado à presença de lipídeos insaturados presentes no gérmen, que, conforme Ibrahim et al. (2020), possuem potencial tóxico para a microbiota ruminal. Essa ação deletéria dos lipídeos no rúmen pode comprometer não apenas o consumo de matéria seca, mas também a degradação dos nutrientes, como relatado por Behan et al. (2019) e Benhissi et al. (2020).

Segundo Hristov et al. (2019), o nitrogênio absorvido representa a fração do nitrogênio ingerido que não é excretada nas fezes, refletindo a eficiência do processo digestivo. Por sua vez, o nitrogênio retido corresponde à quantidade que permanece no organismo e não é eliminada na urina, indicando uma melhor utilização do nitrogênio dietético. Nesse contexto, observa-se que as vias de excreção (fezes e urina) dos animais alimentados com as dietas POEM e GIEM + POEM não apresentaram aumentos proporcionais à maior ingestão de nitrogênio observada nesses tratamentos. Como resultado, a retenção de nitrogênio foi superior, conseqüentemente, os BN foram superiores nas dietas, uma vez que o BN é um indicador da relação entre a quantidade de nitrogênio ingerida e a quantidade excretada nas fezes e urina, sugerindo assim, uma maior eficiência na utilização do nitrogênio dietético pelos animais submetidos a essas dietas.

A maior eficiência na utilização do nitrogênio observada com a combinação de palma forrageira, GIEM e soja pode ser atribuída a disponibilidade de energia e nitrogênio no rúmen, permitindo uma melhor sincronização, fator essencial para a maximização da síntese de proteína microbiana (Russell et al., 1992; Detmann et al., 2014). A palma forrageira fornece

carboidratos altamente fermentescíveis, como pectinas, que geram energia de rápida liberação (Ben Salem et al., 2002), enquanto o GIEM contribui com lipídios e carboidratos de fermentação mais lenta, promovendo um fornecimento energético mais sustentado (Ferreira et al., 2020). Já a soja, rica em proteína degradável no rúmen, disponibiliza nitrogênio rapidamente assimilável pelos microrganismos ruminais. Essa combinação cria um ambiente ruminal mais eficiente, reduzindo a concentração de amônia livre, minimizando a excreção de ureia e promovendo maior incorporação do nitrogênio na biomassa microbiana (Santos et al., 2008; Alves et al., 2010).

Esse efeito pode ser comprovado pelas variáveis de concentrações de nitrogênio ureico plasmático (NUP) e nitrogênio ureico urinário (NUU), que apresentaram reduções significativas no tratamento GIEM + POEM, sendo 34% e 48% inferiores, respectivamente, em relação ao tratamento controle. Esses resultados sugerem maior captura do nitrogênio pelos microrganismos ruminais, refletindo em menor acúmulo de amônia no rúmen e menor necessidade de sua conversão em ureia pelo fígado, reforçando os achados de Silva et al., (2022), que indicam uma adequada sincronização entre a disponibilidade de proteína e energia, favorecendo a incorporação do nitrogênio à proteína microbiana e minimizando perdas por excreção.

Valores elevados de NUP, como os observados no tratamento CONT (sem palma e sem gérmen), podem indicar desequilíbrio entre o fornecimento de nitrogênio e disponibilidade de energia fermentável no rúmen. Nessa condição, o excesso de nitrogênio, não aproveitado pelos microrganismos ruminais, é convertido em ureia no fígado e liberado na corrente sanguínea (Peres et al., 2001). Esse processo representa uma perda na eficiência de utilização do nitrogênio dietético e impõe sobrecarga hepática, com potencial impacto negativo no desempenho animal a longo prazo (Macêdo et al., 2019).

6. CONCLUSÃO

A palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana associada ou não ao gérmen integral extragordo de milho aumenta o consumo de matéria seca e de nitrogênio, além de favorecer maior absorção e retenção de nitrogênio em caprinos e ovinos.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, A. A. et al. Influência da sincronização entre energia e nitrogênio no rúmen sobre o desempenho de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 1, p. 226–234, 2010.

ALVES, F. C. et al. Efeito da sequência de oferta de ingredientes em dietas à base de palma forrageira sobre parâmetros ruminais em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, 2014.

AMORIM, M. L. Resistência da palma forrageira à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*) e produção em diferentes densidades de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 949-955, 2015.

AOAC. Official methods of analysis. 17. ed. **Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists**, 2000.

ARAÚJO, G. G. L. et al. Palatability and nycterohemeral patterns of ingestive behavior of sheep fed different roughage sources. **Tropical Animal Health and Production**, [S.l.], v. 54, n. 2, p. 107, 2022.

BARROS, L. J. A.; SIQUEIRA, M. C. B.; COSTA, C. T. F.; FERREIRA, M. A. Palma forrageira mais ureia em substituição ao feno de capim tifton para bovinos: consumo e digestibilidade. In: **CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL**, 9., 2014, Ilhéus. Anais... Ilhéus: [s.n.], 2014.

BEHAN, A. A. et al. Effects of supplementation of rumen protected fats on rumen ecology and digestibility of nutrients in sheep. **Animals**, Basel, v. 9, n. 7, p. 400, 2019.

BENHISSI, H. et al. Effect of replacing palm fat with high-linoleic cold-pressed rapeseed or sunflower cakes on fatty acid biohydrogenation in an artificial rumen (Rusitec). **Animal Production Science**, v. 60, n. 6, p. 866–874, 2020.

BEN SALEM, H. et al. Cactus (*Opuntia* spp.) as a drought-resistant feed resource in arid and semi-arid regions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 95, n. 1–2, p. 77–92, 2002.

CAVALCANTI, N. B. et al. Resistência da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*) em condições de campo no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 861-868, 2008.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives—overview of technical details. **Aberdeen: Rowett Research Institute**, 1992.

CORRÊA, L. B. et al. Avaliação do uso do gérmen de milho associado à palma forrageira na alimentação de caprinos. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 4, p. 1157-1164, 2022.

DIDA, F. G. Impactos da seca prolongada no semiárido brasileiro: desafios para a produção animal. **Embrapa Semiárido**, Circular Técnica 134, 2021.

DETMANN, E. et al. Métodos para análise de alimentos – **INCT – Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2014. 214 p.

EMBRAPA. Composição química e perfil de ácidos graxos de cultivares de palma forrageira em comparação a outros alimentos utilizados na dieta de ruminantes. 2020.

FERREIRA, M. A. et al. Potencial do gérmen de milho na nutrição de ruminantes. **Boletim do Instituto de Zootecnia**, Nova Odessa, v. 34, n. 2, p. 103–110, 2020.

FROTA, M. N. L. et al. Palma forrageira como alternativa na alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, v. 64, n. 245, p. 11-22, 2015.

GAMA, M. A. S. et al. Mucilagem da palma forrageira e o impacto na dinâmica da digesta ruminal em ovinos. **Animal Feed Science and Technology**, v. 276, p. 114930, 2021.

GIORDANI JÚNIOR, O. G. et al. Avaliação de custos de produção de leite. **Custos e Agronegócio**, Recife, v. 10, n. 1, p. 183-202, 2014.

GUPTA, A.; MONDAL, D. B. Dietary fat supplementation to mitigate heat stress in ruminants: A review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 1, p. 625-631, 2019.

HAMZAOU, S. et al. Feeding fat to mitigate heat stress in dairy goats: Effects on lactational and metabolic performance. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 3, p. 2920-2935, 2021.

HRISTOV, A. N.; BANNINK, A.; CROMPTON, L. A.; HUHTANEN, P.; KREUZER, M.; MCGEE, M.; NOZIÈRE, P.; REYNOLDS, C. K.; BAYAT, A. R.; YÁÑEZ-RUIZ, D. R.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; SCHWARM, A.; SHINGFIELD, K. J.; YU, Z. Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 7, p. 5811–5852, jul. 2019. DOI: 10.3168/jds.2018-15829. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15829>. Acesso em: 08 jul. 2025.

HUANG, Y. et al. Effect of fat supplementation on nutrient digestibility and energy balance in dairy cows. **Livestock Science**, v. 123, n. 2-3, p. 132-140, 2009.

IBGE. Produção da pecuária municipal 2023. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, 2023.

JAYARAJ, R. S. et al. Lipids and their digestion in ruminants: An overview. **Animal Feed Science and Technology**, v. 270, art. 114712, 2020.

MACHADO, T. P. et al. Uso de coprodutos do milho na alimentação de ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 261, p. 1-14, 2019.

MACÊDO, F. A. F. et al. Relação entre nitrogênio ureico plasmático e o desempenho de ruminantes. **Archives of Veterinary Science**, v. 24, n. 1, p. 11-21, 2019.

MAIA, M. R. G. et al. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **BMC Microbiology**, v. 10, n. 1, p. 52, 2010.

MOREAU, R. A.; POWERS, J. R.; HICKS, K. B. Composition of corn germ from wet-milling, dry-milling, and the ethanol industry. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 4, p. 462-464, 2005.

MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 2001.

PERES, A. C. B. et al. Níveis de proteína bruta para novilhas leiteiras mantidas em pastagem de aveia e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 511-518, 2001.

RUSSELL, J. B. et al. Ruminant protein metabolism: strategies for optimizing microbial growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 2, p. 538–550, 1992.

SANTOS, F. A. P. et al. Nutrição de ruminantes. Piracicaba: **FEALQ**, 2008. 624 p.

SANTOS, A. O. A. dos; SILVA, C. F. et al. Intake, digestibility, water balance, ruminal dynamics, and blood parameters in sheep fed diets containing extra-fat whole corn germ. **Animal Feed Science and Technology**, v. 285, p. 115248, 2022.

SANTOS, M.V. F.; CARVALHO, F. F. R.; FERREIRA, M. A. Características desejáveis de plantas forrageiras: potencial e perspectivas. In: *Morfologia e fisiologia das palmas forrageiras*. **Visconde do Rio Branco**: Gráfica Suprema. p. 63-81, 2022.

SANTOS, G. R. A. dos et al. Avaliação econômica da alimentação de bovinos leiteiros com diferentes volumosos. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2020.

SANTOS, G. C. L. et al. Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, p. 89-113, 2020.

SANTOS, C. A. et al. Nutritional characteristics and potential use of POEM (*Opuntia* spp.) in ruminant feeding: A review. **Small Ruminant Research**, v. 171, p. 18–25, 2019.

SCHINGOETHE, D.J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. **J Dairy Sci** 100:10143–10150.

SEJIAN, V. et al. Climate change and its impact on livestock: Adaptation and mitigation strategies. *Animal Frontiers*, v. 11, n. 1, p. 6-12, 2021.

SILVA, J. A. et al. Extração de pectina da casca de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) e avaliação de suas propriedades. **Anais do Congresso Nacional de Pesquisa em Alimentos**, 2019.

SILVA, J. R. et al. Efeito da suplementação lipídica na digestibilidade da fibra e na microbiota ruminal de caprinos. **BMC Veterinary Research**, [S.l.], v. 14, p. 123, 2018.

SILVA, C. F. et al. Intake, digestibility, water balance, ruminal dynamics, and blood parameters in sheep fed diets containing extra-fat whole corn germ. **Animal Feed Science and Technology**, v. 285, p. 115248, 1 mar. 2022a.

SILVA, E. I. C. Efeitos da raça e do manejo nutricional sobre as características de qualidade da carcaça e da carne em ovinos. **Revista Universitária Brasileira**, v. 2, n. 1, p. 61-81, 2024.

SIQUEIRA, T. D. Q. et al. POEM cladodes associated with urea and sugarcane bagasse: na alternative to conseed feed in semi-arid regions. **Tropical Animal Health and Productions**. v.51, p.1975-1980, 2019.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

VAN BAALE, M. J. et al. Effects of grain source and silage type on lactation performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 1231-1242, 2004.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Proceedings of 61st Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**. Ithaca: Cornell University, 1999.