

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

SALMO OLEGÁRIO LIMA DA SILVA

**GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO ASSOCIADO À PALMA
FORRAGEIRA PARA OVINOS DE CORTE**

RECIFE

2024

SALMO OLEGÁRIO LIMA DA SILVA

**GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO ASSOCIADO À PALMA
FORRAGEIRA PARA OVINOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco
para obtenção do título de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientador (a): Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de
Carvalho

Coorientador (es): Prof. Dr. Marcelo De Andrade Ferreira

Profª. Drª. Kelly Cristina dos Santos

Prof. Dr. Rui José Branquinho de Bessa

RECIFE

2024

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

**GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO ASSOCIADO À PALMA
FORRAGEIRA PARA OVINOS DE CORTE**

Tese elaborada por
Salmo Olegário Lima da Silva

Aprovado em: 28/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Presidente

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Dr. Daniel Barros Cardoso
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE

À minha família, em especial aos meus pais (in memoriam) que foram grandes exemplos em minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus, por sempre dar-me forças e guiar-me através dos melhores caminhos.

Ao programa de pós-graduação em Zootecnia pela de realizar o curso de doutorado.

Ao meu orientador Francisco Fernando Ramos de Carvalho, por todo conhecimento transmitido e conselhos dados.

Aos meus coorientadores Kelly Cristina dos Santos, Marcelo de Andrade Ferreira e Rui José Branquinho de Bessa por todo o suporte dados e pelas boas conversas.

À banca de qualificação (professores: Dorgival Júnior, André Magalhães, Antônia Sherlânea e Maria Gabriela) pelas contribuições feitas para que este trabalho seguisse da melhor forma.

Aos meus pais Antônio Olegário da Silva (in memoriam) e Maria Josefa de Lima (in memoriam), e aos meus irmãos por todo o incentivo e apoio para que eu pudesse chegar cada vez mais longe através dos estudos.

À empresa INGREDIONBR[®] pelo fornecimento do germen que foi utilizado nas dietas experimentais.

Aos professores do programa de pós-graduação em Zootecnia (PPGZ-UFRPE), por todos os ensinamentos.

Aos amigos da Pós-Graduação que sempre se disponibilizaram a ajudar nos comportamentos, coletas, abate e afins e demais passos dessa caminhada: Juliana Ferreira, Antônio Neto, Elayne Soares, Leonardo Barros, Rita Brito, Roberta Freitas, Gabriela Duarte e em especial à Elias Velásquez, Fabio Nascimento, João Vitor, Thaís Sougey, Marina Almeida, Erick Magalhães, Rodrigo Andrade, Camila Souza, Gaby Mello, Caio César, Raissa Camila, Agni Martins, Francisco Neto, Jasiel Moraes, Luiz Wilker, Rabia Canda e Matheus Andrade.

Aos alunos de graduação, que sempre estiveram dispostos a ajudar: Felipe Gusmão, Milena Oliveira, Millena Mary, Adeildo Neto, Davi Tavares, Félix Reis, Milena Rabelo, Luiz Henrique, Núbia Guedes, Lucas Farias, Felipe Gusmão, Milena Oliveira, Maria Alice, Margot Santos, Lucas Lemos e Ayrton.

Aos professores Adriana Guim, Andréia Fernandes e João Paulo Monnerat por todo suporte e conselhos dados.

Agradeço também aos amigos, Lypson Simões, Lucas Ferreira, Eduardo Henrique, Izaac Pereira, Kevin Caio, Natalia Araújo, Déborah (Barbara), Eduarda Moura, João Pedro, Hiasmyn, Bruna, Maria Vitória, Yasmin, Ronan, Darlan, Gabriela Rocha, Daniel Cardos e Daniel Nascimento.

Aos tratadores de animais do departamento de Zootecnia: Pedro, Silvana, Edson e Rafaela.

A todos que contribuíram para que para que esse trabalho pudesse ser realizado.

Este trabalho foi parcialmente financiado pelas agências brasileiras MCTIC/CNPq (Processo #406734/2022-4) e pelas Fundações de apoio a pesquisa (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE) Códigos de Financiamento 001 e Código Financeiro IBPG 0446 5.04/20, através do INCT/Carne (Cadeia Produtiva da carne)".

Percebi ainda outra coisa debaixo do sol:
Os velozes nem sempre vencem a corrida;
os fortes nem sempre triunfam na guerra;
os sábios nem sempre têm comida;
os prudentes nem sempre são ricos;
os instruídos nem sempre têm prestígio;
pois o tempo e o acaso afetam a todos.

(Eclesiastes 9:11)

GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO ASSOCIADO À PALMA FORRAGEIRA PARA OVINOS DE CORTE

Este estudo avaliou o efeito da substituição total do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho (GIEM) associado ou não à palma forrageira sobre o consumo de alimentos, desempenho, balanço de nitrogênio, metabólitos sanguíneos, características de carcaça e perfil de ácidos graxos da carne de ovinos. Foram utilizados 40 ovinos da raça Santa Inês, machos inteiros, com quatro meses de idade e peso corporal médio inicial de $22,17 \pm 1,71$ Kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em quatro tratamentos: milho moído (MI); milho moído + palma forrageira (MIPF); gérmen de milho integral extra gordo (GIEM) e gérmen de milho integral extra gordo + palma forrageira (GIEM+PF). O experimento teve 15 dias de adaptação e 60 dias para a coleta de dados e amostras. Os dados foram analisados utilizando o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de energia e com ou sem palma forrageira). Foram consideradas diferenças significativas para $P < 0,05$. Quando houve interação significativa, foi usado o teste de Tukey para múltiplas comparações. A dieta com gérmen e sem palma forrageira diminuiu ($P < 0,05$) os consumos de matéria seca, digestibilidade e nitrogênio consumido resultando em menor desempenho e aumento ($P < 0,05$) nos níveis de colesterol. A inclusão de palma forrageira proporcionou maiores ($P < 0,05$) consumos e digestibilidade dos nutrientes. A inclusão de palma forrageira proporcionou maiores rendimentos de carcaça quente, carcaça fria e medidas de carcaça ($P < 0,05$). A dieta com gérmen e sem palma forrageira proporcionou menor desempenho e características de carcaça e melhorou o perfil de ácido graxo ($P < 0,05$). A substituição do milho pelo gérmen é recomendada quando associado à palma forrageira, visto que tal associação atua de maneira benéfica sobre o consumo de nutrientes, desempenho, balanço de nitrogênio e metabólitos sanguíneos, proporcionando melhores respostas produtivas.

Palavras-chave: Gordura, eficiência produtiva, Desempenho animal.

FULL-FAT CORN GERM ASSOCIATED WITH FORAGE CACTUS FOR BEEF SHEEP

This study evaluated the effect of total replacement of corn with full-fat corn germ (FFCG), with or without forage cactus, on feed intake, performance, nitrogen balance, blood metabolites, carcass traits, and fatty acid profile of sheep meat. Forty non-castrated male Santa Inês sheep, four months old and with an average initial body weight of 22.17 ± 1.71 kg, were used, distributed in a completely randomized design across four treatments: ground corn (GC); ground corn + forage cactus (GC+FC); full-fat corn germ (FFCG); and full-fat corn germ + forage cactus (FFCG+FC). The experiment included a 15-day adaptation period and 60 days for data and sample collection. Data were analyzed using a completely randomized design in a 2x2 factorial arrangement (two energy sources, with or without forage cactus). Significant differences were considered at $P < 0.05$. When significant interaction occurred, Tukey's test was used for multiple comparisons. The diet with germ and without forage cactus decreased ($P < 0.05$) dry matter intake, digestibility, and nitrogen intake, resulting in lower performance and increased ($P < 0.05$) cholesterol levels. The inclusion of forage cactus resulted in higher ($P < 0.05$) nutrient intake and digestibility. Forage cactus inclusion also led to higher hot and cold carcass yields and improved carcass measurements ($P < 0.05$). The diet with germ and without forage cactus led to lower performance and carcass characteristics but improved the fatty acid profile ($P < 0.05$). Replacing corn with germ is recommended when combined with forage cactus, as this combination has a beneficial effect on nutrient intake, performance, nitrogen balance, and blood metabolites, resulting in better productive responses.

Key- Words: Fat, Productive efficiency, Animal performance.

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Composição química de genótipos de palma forrageira *Napolea* e *Opuntia*.....24

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.....42

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais.....43

Tabela 3. Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....47

Tabela 4. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para a Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente de ovinos.....47

Tabela 5. Desempenho e balanço de nitrogênio de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....48

Tabela 6. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para desempenho e balanço de nitrogênio de ovinos.....49

Tabela 7. Perfil metabólico sanguíneo de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....50

Tabela 8. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para o perfil metabólico sanguíneo de ovinos.....50

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição química e perfil de ácidos graxos dos ingredientes.....64

Tabela 2. Participação dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....65

Tabela 3. Consumo de nutrientes e características de carcaça de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....71

Tabela 4. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para características de carcaça de ovinos.....71

Tabela 5. Peso e rendimento de cortes comerciais de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....72

Tabela 6. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para peso de cortes comerciais de ovinos.....	72
Tabela 7. Morfometria da carcaça de ovinos de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....	74
Tabela 8. Interação entre a fonte de energia e a palma morfometria para a carcaça de ovinos.....	74
Tabela 9. Componentes não-carcaça de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....	76
Tabela 10. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para componentes não-carcaça de ovinos.....	75
Tabela 11. Perfil de ácidos graxos da carne de ovinos de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....	76
Tabela 12. Interação entre a fonte de energia e a palma para perfil de ácidos graxos da carne de ovinos.....	77
Tabela 13. Ácidos graxos C18 da carne de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....	78
Tabela 14... Interação entre a fonte de energia e a palma para Ácidos graxos C18 da carne de ovinos.....	79
Tabela 15. Somatório de ácidos graxos da carne de ovinos de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira orelha de elefante mexicana.....	80
Tabela 16. Interação entre a fonte de energia e a palma para o Somatório de ácidos graxos da carne de ovinos.....	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. LIPÍDIOS NA DIETA DE RUMINANTES	15
2.2. BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL E A MODULAÇÃO DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CARNE ATRAVÉS DA DIETA	17
2.3. AÇÃO ENZIMÁTICA E MOLÉCULAS NA LIPOGÊNESE MUSCULAR	18
2.4. GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO (GIEM), UMA FONTE DE LIPÍDIOS/ENERGIA	21
2.5. PALMA FORRAGEIRA UM RECURSO FORRAGEIRO DE EXTREMA IMPORTÂNCIA	23
2.6. EFEITO DA PALMA FORRAGEIRA SOB O DESEMPENHO ANIMAL	25
2.7. PALMA FORRAGEIRA, MELHORA O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS?	27
3. REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 1	36
RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO	40
2.2. ANIMAIS E DESENHO EXPERIMENTAL	40
2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS	41
2.4. COLETA DE AMOSTRAS DE SOBRAS E FEZES E ANÁLISES QUÍMICAS	44
2.5. CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES	44
2.6. COLETA E PROCESSAMENTO DE SANGUE E URINA	45
2.7. DESEMPENHO	46
2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1. RESULTADOS	46
3.2. DISCUSSÃO	51
4. CONCLUSÕES	54
5. REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO 2	58
RESUMO	59
ABSTRACT	60
1. INTRODUÇÃO	61

2. MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	63
2.2. ANIMAIS E DESENHO EXPERIMENTAL.....	63
2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS E MANEJO DA ALIMENTAÇÃO.....	63
2.4. CONSUMO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES.....	65
2.5. PROCEDIMENTOS DE ABATE E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA.....	66
2.6 ANÁLISE DE ÁCIDOS GRAXOS	69
2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	69
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
3.1. RESULTADOS	70
3.2 DISCUSSÃO	81
4. CONCLUSÕES	84
5. REFERÊNCIAS	84

1. INTRODUÇÃO GERAL

A espécie ovina encontra-se distribuída mundialmente, sendo importante para o desenvolvimento pecuário e fornecimento de produtos de origem animal para a alimentação humana, alcançando um efetivo de cerca de 1.2 bilhão de cabeças recentemente segundo o International wool textile organization (IWTO, 2022). A produção mundial de carne ovina no ano de 2022 foi de aproximadamente 16 milhões de toneladas, desse total o Brasil contribuiu com cerca de 147 mil toneladas de carne de acordo com a Food and Agriculture Organization das Nações Unidas (FAO, 2022).

No Brasil o efetivo de ovinos está por volta de 21.5 milhões de cabeças segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), que traz o Nordeste na liderança com 71,23% desse total e a Bahia em primeiro lugar no ranking regional seguida por Pernambuco com 21,7% e 16,4% do efetivo nacional, respectivamente.

No entanto, apesar do rebanho numeroso o consumo de carne ovina ainda se apresenta muito baixo, o que segundo Esturrari (2017), está em média de 0.6/kg/pessoa/ano. Entretanto, as estimativas de consumo da carne ovina são conflitantes, pois boa parte dos abates ocorre de maneira informal (Silva, 2024). Segundo Santos et al. (2023) a carne ovina possui bom valor nutritivo e é de fácil digestão, contendo alto nível proteico, vitaminas e minerais. Estes fatores citados demonstram que existe espaço para crescimento do comércio da carne ovina e que esta pode contribuir para a melhoria da nutrição humana.

A produção animal em regiões semiáridas está sujeita as variações climáticas que resultam numa maior sazonalidade na produção de alimentos e aumento da necessidade destes, além de maior consumo de água pelos animais e a subalimentação causam impactos imediatos e de longo prazo na produção animal (DIDA, 2021).

Segundo Sejian et al. (2021) o estresse pelo calor causado pelas variações climáticas impacta na saúde dos animais, reprodução e desempenho, pois os animais em altas temperaturas reduzem a ingestão de alimentos. Nesse sentido uma alternativa como fonte energética bastante interessante e que proporciona uma menor produção de calor pelo organismo, além do maior consumo de energia líquida é a utilização de gorduras (GUPTA; MONDAL., 2019; HAMZAQUI et al., 2021).

Em relação a utilização de gordura na alimentação de ruminantes, é importante destacar que deve ser realizada com cuidado, pois o efeito de gorduras no ambiente ruminal

(principalmente os ácidos graxos polinsaturados) tende a ser tóxico sobre os microrganismos, além disso, interfere na ingestão de matéria seca pelos animais e sobre a digestibilidade dos nutrientes das dietas, especialmente da fibra em detergente neutro ao encapsular o alimento dificultando o acesso dos microrganismos (LIMA et al., 2019; SHANG et al., 2020; VARGAS et al., 2020).

Uma fonte de gordura que apresenta alto potencial de utilização na alimentação animal é o gérmen de milho integral extra gordo, visto que possui um elevado teor lipídico, o que eleva a densidade energética das rações. Segundo Miotto et al. (2009) o gérmen compõe aproximadamente 13% do grão de milho e contém a maior parte da fração lipídica. Além de ser fonte de energia, os lipídeos colaboram para não aumentar o incremento calórico e podem resultar na produção de carne de melhor qualidade. O gérmen de milho integral extragordo apresenta um alto percentual de extrato etéreo (mais de 40% na matéria seca) (Galeano et al., 2022; Netto et al., 2022; Silva et al., 2022).

Portanto, para que se possa fazer o aproveitamento do potencial energético através da inclusão de gordura na dieta de animais ruminantes é necessário que se utilize algum mecanismo de proteção dessa gordura no ambiente ruminal. Nesse sentido, alguns autores reportaram que associar a gordura com sais de cálcio, fornecer grãos inteiros de oleaginosas e/ou adicionar na dieta ingredientes que promovam uma maior taxa de passagem através do rúmen proporciona um maior fluxo de ácidos graxos polinsaturados para serem absorvidos no intestino delgado (ALBA et al., 2021; BAYAR; KRIAA; KAMMOUN, 2016; BULCÃO et al., 2021; GAMA et al., 2021; ROSA; SILVA., 2020).

Além dessas estratégias, a palma forrageira surge como um recurso valioso na nutrição de ruminantes, por ser uma forrageira que é adaptada às regiões semiáridas e através de sua composição disponibiliza alta quantidade de energia, água e minerais. No entanto, apresenta baixa quantidade de fibras na sua estrutura e isso faz com que tenha uma rápida taxa de passagem através do trato gastrointestinal, impedindo dessa maneira que a gordura insaturada sofra a biohidrogenação completa (BISPO et al., 2010; DUBEUX JÚNIOR et al., 2013; FERREIRA et al., 2022; GAMA et al., 2021; REZENDE et al., 2020; Siqueira et al., 2017).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. LIPÍDIOS NA DIETA DE RUMINANTES

Os lipídeos estão presentes na dieta de ruminantes de várias formas, sendo talvez a mais comum a oriunda da forragem, nela os lipídeos são classificados em dois grupos distintos: os lipídeos estruturais e os lipídeos de reserva. Os lipídeos estruturais formam as membranas biológicas e as superfícies protetoras, como as ceras, sendo compostos principalmente por galactolipídeos, que incluem glicerol, galactose e ácidos graxos insaturados (AGI), além de fosfolipídeos. Por outro lado, os lipídeos de reserva, que são encontrados em sementes e frutas, geralmente se apresentam na forma de óleos, sendo compostos predominantemente por triacilgliceróis (FERNANDES et al., 2007; MACDONALD et al., 1999; VAN SOEST, 1994).

No entanto, a literatura demonstra que a composição desses lipídeos pode variar, a depender de diversos fatores, tais como espécies e variedades de plantas, clima, comprimento do dia, precipitação, fertilização e estágio de crescimento (DIERKING et al., 2010; BOUFAÏED et al., 2003; GLASSER et al., 2013). Vários autores propuseram-se a avaliar essas alterações no perfil lipídico em detrimento desses fatores. Dierking et al (2010), comparando leguminosas, gramíneas e sua mistura (leguminosas + gramíneas), encontraram maiores concentrações de C16:0 em leguminosas quando comparada as demais. Quando colhido no mesmo estágio de desenvolvimento, Boufaïed et al. (2003), encontraram diferenças significativas, tanto nas espécies do mesmo grupo funcional da planta (gramínea ou leguminosa) quanto entre os dois grupos. As leguminosas apresentaram maiores concentrações dos ácidos: mirístico (C14: 0), palmítico (C16: 0), esteárico (C18: 0), oleico (C18: 1) e linoleico (C18: 2n-6) e ácidos graxos totais e menores concentrações de linolênico (18: 3n-3), mas também foram observadas grandes variações entre as espécies encontradas em cada grupo funcional.

Glasser et al. (2013), afirmaram que as diferenças entre gramíneas e leguminosas são menores quando existe a interferência do estágio fenológico na concentração de ácidos graxos nas plantas, e que, a composição química das forragens também influencia na concentração de ácidos graxos nas plantas, isto porque, a proporção de ácido linolênico (C18:3) estava positivamente relacionada com o teor de proteína bruta e negativamente relacionado com o conteúdo de fibras, ou seja, quando ocorre uma diminuição de proteína bruta, diminui ácidos graxos e conseqüentemente C18:3, quando aumenta a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) aumentou as concentrações de C18:0, C16:0, C18:1 e C18:2. Porém, diante destes

variados fatores, uma característica permanece comum a todas, a proporção de AGI na composição de forragens, sementes ou produtos destas sementes permanecem superiores, quando comparado a participação dos ácidos graxos saturados (AGS). Confirmado por Fruet et al. (2018), que trabalhou com dezoito novilhos mestiços (Hereford, Angus e Nelore) 18 a 20 meses de idade, peso corporal inicial (PC) $333 \pm 27,87$ kg) terminados em três diferentes regimes de alimentação, GRAIN (85% milho integral + 15% de suplemento de proteína-vitamina-mineral em pellets), SUPP (Subsídio de pasto e concentrado (proporção 50:50), PAST (Somente pasto). Foi possível observar que mesmo as dietas possuindo componentes distintos a proporção de AGI presentes nestas continuaram superiores aos AGS (representando cerca de 70% em média).

Dessa forma, é possível inferir que os ácidos graxos mais comuns em dietas de ruminantes são o mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3). E que os AGI estão presentes nessas dietas em maior quantidade em comparação com AGS. Os lipídeos não sofrem o processo de fermentação (através dos microorganismos ruminais) e podem passar pelo rúmen sem sofrer alterações, porém a maioria sofrerá ação das bactérias ruminais através do processo de hidrólise e biohidrogenação e saponificação, sendo estes eventos sequenciais, respectivamente (JENKINS et al., 2008). As bactérias do rúmen podem ainda sintetizar ácidos graxos de cadeia longa, dependendo da quantidade de ácidos graxos consumidos (KOZLOSKI, 2002; RELLING e MATTIOLI, 2003). As ligações entre o glicerol e os ácidos graxos dos triglicerídeos são quebradas liberando uma molécula de glicerol e três de ácidos graxos livres; nos fosfolipídios, a hidrólise leva à liberação de ácidos graxos e glicerofosfato; e nos galactolipídeos, o processo gera ácidos graxos, galactose e glicerol (KOZLOSKI, 2002; WATTIAUX e GRUMMER, 2004; LEHNINGER et al., 2014; LÓPEZ e LÓPEZ, 2005; PALMQUIST e MATTOS, 2006; JENKINS et al., 2008).

Assim, a partir da liberação do glicerol estarão no líquido ruminal ácidos graxos de cadeia longa como: os ácidos graxos oleico, linoleico e linolênico. A hidrólise é reduzida em animais quando a dieta oferecida tem aumento nos níveis de gordura, diminuição de pH e adição de ionóforos que inibem o crescimento bacteriano ruminal. O processo de biohidrogenação depende para a sua realização dos ácidos graxos estarem na forma não esterificada ou livre, assim são necessárias ligações duplas (insaturadas) com a adição de hidrogênios para promover a saturação, ficando apenas a cadeia carbônica com ligações simples (LEHNINGER et al., 2014).

2.2. BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL E A MODULAÇÃO DO PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CARNE ATRAVÉS DA DIETA

Os lipídeos dietéticos fornecidos aos ruminantes sofrem grandes modificações no ambiente ruminal, caracterizadas basicamente pela biohidrogenação e, em condições típicas, pouca quantidade de AGI escapa do ambiente ruminal. Vários fatores são conhecidos por afetar o padrão de fermentação ruminal, entre eles estão a relação forragem:concentrado, o pH do rúmen, a utilização de ionóforos, o nível de lipídios inclusos na dieta e o tipo de lipídio utilizado (BESSA et al., 2000).

Segundo Kozloski (2002), a biohidrogenação é responsável, em partes, pela alta proporção de ácidos graxos saturados/insaturados presente no tecido adiposo dos ruminantes, conseqüentemente, pelo perfil de ácidos graxos característico da carne destes animais (JEKINS et al., 2008). E modificações na alimentação animal, como a composição, quantidade, suplementação com lipídios, alteram o processo e podem resultar em mudanças no perfil de ácidos graxos intermediários, bem como mudanças no perfil da população microbiana. As ligações éster existentes entre ácidos graxos e o glicerol são hidrolisadas de maneira rápida e extensiva pelas enzimas microbianas lipolíticas no rúmen antes da biohidrogenação, formando ácidos graxos livres e glicerol (JENKINS et al., 2008). O glicerol oriundo desta hidrólise pode, então, ser metabolizado pelos microrganismos ruminais para produzir ácidos graxos voláteis (NAGARAJA et al., 1997).

A liberação de AGI livres, como consequência da hidrólise microbiana, podem exercer efeitos tóxicos (antimicrobianos) no ambiente ruminal, a biohidrogenação é utilizada para reduzir esses efeitos, sendo formado o ácido esteárico (C18:0) ao término das reações (PALMQUIST e MATTOS, 2011), caso haja a biohidrogenação incompleta ocorre a produção de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). Este fenômeno ocorre em consequência do fato de que para a sua síntese, há necessidade de ação das bactérias ruminais sobre o ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12), onde o CLA é considerado o principal isômero (PARIZA, 2004), além disso, o ácido graxo C18:1 *trans* 11 (ácido vaccênico), que também é um intermediário da biohidrogenação dos ácidos linoleico e linolênico, é substrato para a formação de CLA no tecido adiposo do animal (GRIINARI et al., 2000). Desta forma, estratégias que possibilitem o aumento no fluxo de ácido vaccênico para o intestino delgado e sua posterior absorção colaboram de forma positiva para o aumento da concentração de CLA na carne ovina.

A manipulação da fermentação ruminal pode modificar o perfil lipídico da carne, pelas alterações nas proporções de ácidos graxos voláteis (AGV) oriundos da fermentação de carboidratos, tendo em vista que os AGV são precursores de grande importância na síntese de

lipídios em ruminantes. Podendo variar as relações molares de acetato, propionato e butirato (75:15:10 a 40:40:20), de acordo com a dieta fornecida. No fornecimento de dietas à base de forragens, observa-se maiores concentrações de acetato, já dietas ricas em concentrados promovem redução da relação acetato:propionato. Além de interferir no perfil lipídico da carne de ruminantes pela proporção de AGV produzidos, dietas contendo alto grão e baixa fibra tem efeitos mais específicos sobre as taxas de lipólise e biohidrogenação (BEAM et al., 2000; CHURCH, 1993; NUSSIO et al., 2006).

A queda do pH ruminal pode ser responsável por parte deste efeito, Beam et al. (2000), verificaram inibição severa da lipólise em $\text{pH} \leq 6,0$. Assim como o baixo pH do rúmen diminui a população de bactérias responsáveis pela formação do ácido esteárico (GRIINARI; BAUMAN, 1999). As dietas com baixo volumoso e alto concentrado podem aumentar a taxa de passagem e assim diminuir a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados, por outro lado, dietas com proporções decrescentes de fibra (42,8 % a 19,5 %) e proporções crescentes de amido (12,2 % a 35,7 %), as taxas de lipólise e biohidrogenação reduzem em aproximadamente 50 % (GERSON et al., 1983; PETROVA et al., 1994).

A manipulação da fermentação ruminal, visando um perfil lipídico mais alinhado à saúde humana, apresenta alto grau de complexidade. Animais ruminantes, alimentados com altos níveis de concentrado, produzem carnes com elevadas concentrações de C18:2 e ácidos da série ω -6 já quando alimentados principalmente com forragens, ocorre uma mudança na população microbiana do rúmen com subsequente redução da biohidrogenação dos ácidos graxos polinsaturados, diminuindo a deposição de ácidos graxos saturados. Por outro lado, embora dietas forrageiras proporcionem maior deposição de ω -3, a produção de ácidos graxos saturados é potencializada (maiores proporções de acetato) e a relação polinsaturado:saturado torna-se desfavorável em termos nutricionais (WOOD et al., 1999).

2.3. AÇÃO ENZIMÁTICA E MOLÉCULAS NA LIPOGÊNESE MUSCULAR

A síntese de gordura em ruminantes pode ocorrer por duas vias bioquímicas diferentes, a partir da síntese de triacilgliceróis realizada pela reesterificação do glicerol de mono ou diglicerídios com ácidos graxos provenientes da dieta ou via a síntese de novo de ácidos graxos. Em situação dietética favorecida, onde as células têm disponibilidade de combustível metabólico maior que as exigências, o excedente é convertido em ácidos graxos. A relação controle desta conversão é catalisada pela acetil-CoA carboxilase (ACC), sendo responsável pela conversão inicial do acetil-CoA em malonil-CoA, implicando que esta enzima está

fortemente correlacionada à velocidade de síntese de ácido graxo, principalmente na engorda ou após jejum (ROLLIN et al., 2003; VERNON, 1981).

As enzimas lipogênicas ACC e ácido graxo sintase (FAS) estão associadas à síntese de novo de lipídios que, em suínos e ruminantes, ocorre no próprio tecido adiposo, em aves e na espécie humana ocorre no fígado e, em roedores ocorre em ambos os locais. Portanto, estas enzimas são consideradas regulatórias, pois mudanças nas suas atividades refletem em alterações nas taxas de síntese dos ácidos graxos (SMITH; WITKOWSKI; JOSHI, 2003; SMITH et al., 2009). A carboxilação da acetil-CoA em malonil-CoA é pela ACC, que emite o sinal metabólico chave para o controle da síntese e oxidação de ácidos graxos em respostas a mudanças na dieta. Assim, a ACC tem função importante na regulação da homeostase energética em animais e desempenha um papel importante na deposição de lipídeos em diferentes compartimentos do corpo, por meio do seu produto (BROWNSEY et al., 2006; ROLLIN et al., 2003). A ingestão de alimentos, especialmente os constituídos por baixo teor de lipídeos, induz a síntese de ACC, que nos mamíferos é altamente regulada pela dieta, hormônios e outros fatores fisiológicos, sendo apresentadas em duas isoformas da ACC, a ACC1 e ACC2, que são codificadas por genes distintos e apresentam diferentes distribuições quanto ao tecido alvo. Dentre elas, a mais altamente expressa nos tecidos associados à lipogênese, como o fígado e tecido adiposo é a ACC1, já a predominantemente expressa em tecidos que utilizam ácidos graxos como fonte de energia (músculo esquelético e cardíaco) é a ACC2 (ABU-ELHEIGA et al., 1997; ABU-ELHEIGA et al., 2001; KIM, 1997).

Outros fatores podem estar associados a atividade dessas enzimas, como a composição da gordura de marmoreio em bovinos está, positivamente, relacionada com a expressão de enzimas responsáveis pela síntese de ácidos graxos saturados (AGS). Sugerindo que a taxa de biossíntese de AGS pode ser um fator importante na determinação do perfil lipídico da gordura de marmoreio em ruminantes. Demonstrado em bovinos com maior quantidade de gordura de marmoreio, apresentaram menor taxa de inativação do gene ACC, em contraste, os animais com baixo marmoreio tiveram maior taxa de inativação da ACC, o que resultou em menor atividade da enzima (UNDERWOOD et al., 2007; WARD et al., 2010). A nível molecular da formação dos ácidos graxos, é de se notar que a cada ciclo completado para a formação do ácido palmítico, há necessidade de redução de dois NADPH à NADP, e que o alto uso deste composto é sustentado pelo ciclo das pentoses, que supre em torno da metade dos NADPH requeridos. O restante fornecido pelo desvio do citrato citoplasmático a isocitrato, que é convertido à alfa-cetoglutarato pela ação da isocitrato desidrogenase, com o

fornecimento de NADPH, sendo que o alfa-cetoglutarato retorna ao interior da mitocôndria e entra no ciclo de Krebs (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Em animais ruminantes, o mecanismo de desvio do citrato para isocitrato tem importância ainda maior, apresentando baixa atividade da enzima citrato liase, evitando a utilização da glicose para formação de ácido graxo de reserva e propiciar a formação de redutores (NADPH). Contudo a insulina e o glucagon têm o papel importante de estimular e inibir a enzima citrato liase, assim como o complexo da piruvato desidrogenase, são enzimas reguladoras da produção de acetil-CoA (LEHNINGER et al., 2000; VERNON, 1981). De forma geral, a regulação da síntese dos ácidos graxos pode variar muito, sendo influenciada por diversos compostos e moléculas. Um exemplo, o nível plasmático do acetato, quando em alta, propicia a formação de ácido graxo nos adipócitos, utilizando-o como precursor, poupando lactato. A acetil-CoA é originário do piruvato, deslocando este demais à formação de glicose (VERNON, 1981).

A glicose é um dos principais precursores da acetil-CoA, principal substrato da ACC, e o aumento do marmoreio correlaciona-o tecido adiposo intramuscular utiliza alta proporção de glicose para a síntese de ácidos graxos (sobretudo o propionato), diferente do tecido adiposo subcutâneo que utiliza acetato para a deposição de lipídios se positivamente com a atividade desta enzima. Em ruminantes, a glicose assumirá um papel muito importante como fonte doadora de carbono para a síntese de novos ácidos graxos, no momento da diminuição da produção do acetato, efeito esse mais sensível no tecido intramuscular, pois no tecido subcutâneo a taxa de incorporação de acetato e glicose na síntese de ácido graxo é bem semelhante (CHUNG et al., 2007; GILBERT et al., 2003). Segundo Vernon (1981), houve elevação da taxa de síntese de ácido graxo tendo como precursor o acetato de 3 a 10 vezes em ovinos e bovinos, e de 20 a 50 vezes em caprinos, quando estes foram infundidos com glicose. Ainda sobre a glicose, ao avaliar Angus em crescimento, com dois níveis de energia na dieta, Smith e Crouse (1984), relataram que o nível de energia na dieta alterou os níveis de deposição de gordura intramuscular, o acetato e lactato foram mais incorporados ao tecido adiposo subcutâneo que no intramuscular e que o maior nível de energia na dieta propiciou maiores incorporações destes ácidos graxos voláteis, indicando que a deposição de gordura corporal está diretamente relacionada a oferta de energia líquida. Observaram também que a glicose é o único composto carbônico com maior concentração de seus carbonos no tecido adiposo intramuscular em relação ao subcutâneo, sendo assim, a glicose é a melhor precursora para síntese de ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular. Tal afirmação é fundamentada

pela análise das contribuições percentuais de cada precursor de ácidos graxos na gordura de marmoreio.

Em geral, a contribuição dos diversos precursores para a formação dos ácidos graxos intramuscular, não é bem discutida. Baseados na atividade da ATP-citrato liase, autores sugerem que o lactato seria o mais importante precursor da síntese de ácidos graxos no tecido adiposo intramuscular (SMITH e CROUSE, 1984; WHITEHURST et al., 1981). Em estudos, o acetato contribui com 70 a 80% das unidades de carbono provenientes da acetil-CoA depositadas no tecido subcutâneo e com apenas 10 a 26% das unidades de carbono depositadas no tecido adiposo intramuscular. Já o lactato contribui de forma similar entre os sítios de depósito de gordura corporal, com valores entre 15 e 30 % das unidades incorporadas. A glicose contribui com 50 a 60 % das unidades incorporadas, sendo fonte doadora de acetil-CoA para a deposição de tecido adiposo intramuscular (SMITH e CROUSE, 1984; WHITEHURST et al., 1981).

Segundo Lopez et al. (2001), ao fornecer diferentes níveis de farelo de soja de forma a propiciar dietas com 12, 14, 16 ou 18% de proteína bruta para novilhas, observaram maiores níveis de insulina plasmática no grupo que recebeu 16%, enquanto maiores teores de glicemia foram observados no grupo que recebeu 18%. Levando a concluir que maiores níveis de proteína bruta na dieta elevaram a digestão e a absorção intestinal do amido, principalmente em dietas com grãos inteiros, e promoveram a elevação plasmática de insulina e glicose, o que, por consequência, aumentou a deposição de tecido adiposo intramuscular, por favorecer precursores dos ácidos graxos.

2.4. GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO (GIEM), UMA FONTE DE LIPÍDIOS/ENERGIA

Dentre os custos que compõem a produção animal destaca-se o custo com alimentação. Este pode responder por cerca de 50 a 70% dos custos totais, excetuando-se a aquisição dos animais (GIORDANI JUNIOR et al., 2014; SANTOS et al., 2020). Entre os principais ingredientes utilizados com objetivo de fornecer energia através da dieta está o milho. O milho é um alimento altamente energético e rico principalmente em amido, um componente de rápida fermentação do ambiente ruminal através das bactérias amilolíticas o que resulta em alta produção do ácido graxo propionato (VAN BAALÉ et al., 2004). Por ser uma commodity, este alimento concorre com a sua utilização também para os seres humanos e necessita de outros ingredientes que possam substituí-lo e atenuar os custos da produção animal.

De acordo com Sejian et al. (2021), o estresse térmico provocado pelas mudanças climáticas afeta a saúde, a reprodução e o desempenho dos animais, uma vez que eles tendem a reduzir a ingestão alimentar em condições de altas temperaturas. Uma alternativa interessante como fonte de energia, que gera menos calor no organismo e aumenta o consumo de energia líquida, é o uso de gorduras (GUPTA; MONDAL, 2019; HAMZAOUUI et al., 2021). O gérmen integral de milho é um coproduto obtido das indústrias que beneficiam o milho para o uso do amido, por meio da de-germinação do grão de milho por via úmida ou seca. O gérmen pode ser utilizado na formulação de rações, sendo indicado para animais com aptidão de leite por causa dos seus teores de energia, proteína e fibras em comparação ao milho grão (MACHADO et al., 2019).

Do ponto de vista bromatológico, o gérmen obtido através do processamento com moagem úmida contém aproximadamente 40% a 50% de gordura e é denominado de gérmen integral extra gordo de milho (GIEM), enquanto o gérmen extraído pela moagem seca contém teor de gordura entre 20 e 25% (MOREAU et al., 2005). O extrato etéreo presente no GIEM é basicamente constituído principalmente de ácido linoleico e α -linolênico. A principal vantagem da utilização do GIEM é a maximização da ingestão calórica, essencial para manutenção da produção e da condição corporal dos animais. Desta forma, o GIEM surge como um potencial substituto nas dietas de cabras leiteiras visando a produção e a qualidade da gordura do leite. Um coproduto com potencial para substituir total ou parcialmente o milho é o gérmen integral extra gordo de milho (GIEM), visto que possui um elevado teor lipídico, o que eleva a densidade energética das rações. Segundo Miotto et al. (2009), o gérmen compõe aproximadamente 13% do grão de milho e contém a maior parte da fração lipídica e mineral deste. Além de ser fonte de energia, os lipídeos colaboram para não aumentar o incremento calórico e podem resultar na produção de carne de melhor qualidade.

Ao avaliar a substituição do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho (0; 25; 50; 75 e 100%) foi verificada redução dos pesos da carcaça, bem como dos respectivos rendimentos, área de olho de lombo (diretamente relacionada com o rendimento muscular) e da relação músculo:osso. Além disso, houve redução dos pesos dos cortes comerciais sem alteração de seus rendimentos (Urbano et al., 2016). Não recomendando tal substituição. Quando analisada a substituição essa mesma substituição Urbano et al., (2014) não encontraram quaisquer efeitos sobre a composição química da carne (umidade, cinzas, proteína bruta e extrato etéreo). Contudo, observou-se melhora do perfil de ácidos graxos com destaque para o ácido linoleico conjugado (CLA (C18:2 c9 t11) e aumento da relação polinsaturados:saturados. Um outro estudo conduzido por Nascimento et al., (2022) também

apontou melhoria do perfil de ácidos graxos da carne com a utilização do gérmen em substituição ao milho, sem que houvesse alteração das características de carcaça.

Dessa forma, para contornar este entrave, estudos estão sendo realizados em direção a palma forrageira, com o objetivo de investigar seus efeitos sob o perfil de ácidos graxos cárneos e sua interação junto a uma fonte de lipídios. Além de atuar sobre o perfil de ácidos graxos provenientes do rúmen a palma forrageira pode melhorar a qualidade nutricional das dietas fornecidas aos ovinos.

2.5. PALMA FORRAGEIRA UM RECURSO FORRAGEIRO DE EXTREMA IMPORTÂNCIA

A palma forrageira é uma forrageira bastante difundida e essencial para a pecuária no semiárido brasileiro. Devido ao seu metabolismo fotossintético MAC (Metabolismo ácido das crassuláceas) a palma apresenta características agronômicas pertinentes em regiões com baixa disponibilidade de água, como ser tolerante a estresse hídrico e possuir elevado teor de umidade, podendo ser ofertada a animais ruminantes como forma de recurso hídrico e nutricional (SILVA et al., 2018; LOPES et al., 2019). Normalmente, utiliza-se espécies dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* nos sistemas produtivos, sendo as variedades mais comuns na última década, a *Opuntia stricta* Haw (palma orelha de elefante mexicana) e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (palma miúda) por ambas apresentarem resistência a cochonilha do carmim e desempenhos agronômicos satisfatórios (SILVA; SANTOS, 2006; VASCONCELOS et al., 2009). Apesar de possuir o mesmo tipo fotossintético, os clones de palma possuem características morfológicas diferentes, em tamanhos e estruturas de cladódios, contudo a composição química dessas forragens apresenta pouca variação (BARBOSA et al., 2018; DUTRA et al., 2024) (Tabela 1).

A palma forrageira independente da variedade apresenta baixos teores de matéria seca (MS) (73 a 212 g/kg de MS), proteína bruta (PB) (34 a 64 g/kg de MS) e fibra em detergente neutro (FDN) (210 a 290 g/kg de MS). Uma das principais características nutricionais da palma forrageira é o alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF) (418 a 617 g/kg na MS) (Tabela 1) tornando a palma um volumoso altamente energético quando comparado a outros volumosos, sua inclusão em dietas de ruminantes geralmente proporciona aumento no teor de CNF dietético, contudo, mesmo quando á o declínio do consumo de MS, ainda é possível observar, a manutenção ou aumento do consumo deste constituinte (MOURA et al., 2020; MUHAME et al., 2021; MEDEIROS et al., 2024). O teor de FDN presente na palma é uma característica distinta em comparação a outras fontes de volumoso, sendo considerado de

baixa efetividade. Neste sentido, torna-se necessária sua combinação com outra forragem para que os níveis de fibra fiquem dentro dos padrões recomendados (ROCHA FILHO, 2012; FERREIRA et al., 2009). É válido destacar que é essencial a adição de pelo menos 15 a 20% de uma fonte de fibra fisicamente efetiva, com base na matéria seca (MS), para otimizar o consumo de MS em dietas que utilizam a palma forrageira. A literatura demonstra que a substituição completa da fibra efetiva pela palma na dieta resulta em uma redução (linear ou quadrática) no consumo de MS, conforme o aumento da substituição (BARROS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2017).

Tabela 1. Composição química de genótipos de palma forrageira *Nopalea* e *Opuntia*

Referencias	Palma Forrageira	MS g/kg ¹	MO g/kg ²	PB g/kg ²	CNF g/kg ²	FDN g/kg ²
Lopes et al. (2020)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	124	870	40	564	253
Cardoso et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	142	887	34	567	267
Monteiro et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	150	910	35	574	257
Marciel et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	73	782	55	418	290
Paula et al. (2019)	<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dyck	201	916	36	612	252
Cruz et al. (2020)	<i>Opuntia stricta</i> Haw	212	925	37	549	321
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.

Com relação ao teor de proteína bruta (PB) da palma, está como única fonte de PB, não é suficiente para garantir o desempenho animal ideal. Por outro lado, a elevada concentração de carboidratos solúveis da palma permite a inclusão de fontes de nitrogênio não proteico (NNP), como a ureia pecuária, para elevar os níveis de proteína (FERREIRA et al., 2009). Vários estudos utilizaram a ureia como ajuste a proteína de dietas a base de palma forrageira, não havendo a limitação do consumo de MS dos animais na presença da ureia (PEREIRA et al., 2021; CARDOSO et al., 2020; FELIX et al., 2016). Em contrapartida, Siqueira et al. (2017) avaliaram a substituição do feno de Tifton por palma com 2% de uréia e sulfato de amônio nos níveis (0, 147, 2294 e 558 g kg⁻¹) na dieta de novilhos mestiços. Foi observado um efeito quadrático para o consumo de MS com valor máximo de 8,89 kg, porém, houve um aumento linear na digestibilidade ruminal da MS e PB, além da taxa de degradação

da MS. Neste sentido a associação da palma com ureia pode possibilitar a maximização do consumo de MS, além de melhorar a digestibilidade da PB dietética.

2.6. EFEITO DA PALMA FORRAGEIRA SOB O DESEMPENHO ANIMAL

Geralmente, quando incluída na dieta de ruminantes em associação a alguma fonte de fibra, a palma forrageira demonstra-se capaz de maximizar o consumo e a digestibilidade da MS, MO e CNF dessas dietas, mesmo quando, a fonte de fibra utilizada é dita de baixa qualidade, como o bagaço de cana-de-açúcar (DUTRA et al., 2024; SIQUEIRA et al., 2021; MEDEIROS et al., 2024; ALMEIDA et al., 2018; CARDOSO et al., 2019; FREITAS et al., 2018). Além disso a Palma forrageira é uma forragem com alta aceitabilidade para os animais, possuindo a capacidade de integrar os ingredientes da dieta ofertada, tornando a dieta mais homogênea, dessa forma evitando a seleção dos ingredientes de menor palatabilidade (MEDEIROS et al., 2024). Característica confirmada por Almeida et al (2018), em seu estudo, avaliando o uso do bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em vacas em lactação, a presença de partículas longas originárias do alto percentual de bagaço de cana-de-açúcar na dieta, somado a ausência da palma forrageira como agente integrador e palatabilizante diminuiu substancialmente a EAMS e EAFDN dos animais.

A palma como um volumoso altamente energético (Tabela 1) despertando o interesse para sua utilização na substituição parcial ou total a concentrados energéticos, principalmente o milho (DUTRA et al., 2024; PEREIRA et al., 2021; LOPES et al., 2019). Costa et al. (2012) relataram os efeitos da substituição de milho por palma forrageira cv. Gigante no desempenho de cordeiros, sendo o máximo consumo MS foi de aproximadamente 54,0% de palma em substituição na dieta, onde a ingestão de MS alcançou 1,49 kg/dia, como também, efeito quadrático para o consumo de NDT, estimado como máximo 0,904 kg/dia com 43,3% de palma.

Já Oliveira et al. (2007) avaliaram a produção e composição do leite em vacas holandesas, onde as dietas substituíram completamente o milho e parcialmente o feno de capim Tifton por palmas forrageiras, e não observaram influências da inclusão da palma na produção total de leite e corrigiram 3,5% para o teor de gordura e produção de gordura do leite. Pinto et al., (2011) avaliaram a substituição do milho em diferentes níveis por palma (0; 25; 50; 70 e 100%) e verificaram que a partir de 75% ocorreu decréscimo nos pesos de carcaça quente e carcaça fria, sem que houvesse alterações dos respectivos rendimentos. No entanto, as dietas com palma diminuíram as perdas por resfriamento. Alguns estudos analisaram a possível substituição do milho pela palma ofertada na forma de farelo em

diferentes níveis. Os resultados obtidos nesses estudos demonstraram efeitos negativos como diminuição dos pesos das carcaças, sem, no entanto, alterar os rendimentos dos cortes (SANTOS et al., 2011; VERÁS et al., 2005). Os resultados relacionados a substituição do milho pela palma forrageira (em diferentes proporções e formas) mostra-se viável, porém bastante variado, podendo haver perda de desempenho ou consumo, a depender de outros componentes dietéticos, como a presença de fibra fisicamente efetiva.

Quanto ao uso da palma para cordeiros em crescimento, Ribeiro et al., (2017) utilizando a Palma-forrageira associada ao feno de Tifton ou ao bagaço de cana-de-açúcar com o objetivo de substituir a silagem de milho em dietas de ovinos, observaram que o uso da Palma associada ao feno de tifton proporcionou maiores ganho médio diário (GMD) (0,25 kg/dia e 0,14 kg/dia para Feno de tifton mais Palma e apenas Silagem de milho, respectivamente), maiores peso de corpo vazio (30,95- 24,9 kg) e peso de carcaça fria (17,3- 13,7 kg), concluindo que feno de Tifton 85 associado a palma forrageira proporciona maior ganho de peso e maior musculosidade de carcaça quando comparado aos animais alimentados com silagem de milho como volumoso exclusivo. Já Lopes et al., (2020), testando o desempenho de cordeiros alimentados com três tipos de dieta, a primeira contendo como volumoso apenas feno de tifton 85, a segunda feno mais palma miúda e terceira, feno mais palma orelha de elefante mexicana. Observou-se que o uso da variedade de palma forrageira Miúda leva à maior ingestão e digestibilidade dos nutrientes, bem como as duas variedades de palma não afetam negativamente o desempenho de cordeiros em crescimento. Cardoso et al., (2019) avaliaram níveis de inclusão de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) na dieta de cordeiros em substituição parcial ao feno de tifton 85, observando que a inclusão da palma forrageira na dieta até 450g/kg de MS melhora a utilização de nutrientes e o desempenho de crescimento dos cordeiros, sem causar efeitos adversos nos parâmetros sanguíneos.

Moura et al., (2020), substituindo o feno de maniçoba por palma forrageira observaram que a substituição total do feno de maniçoba na dieta dos cordeiros não influenciou o peso corporal ao abate, o peso da carcaça fria, o peso dos cortes de carne, mas melhorou a conversão alimentar e aumentou a gordura de carcaça em terminação. Porém, afetou a intenção sensorial e de compra da carne dos cordeiros. Indicando que mais estudos sejam necessários para validar se o feno de maniçoba 100% substituído por palma forrageira seria aceitável. Diante disso, está claro que o uso da palma forrageira para cordeiros em crescimento é viável e apresenta efeitos positivos nos parâmetros quantitativos e qualitativos.

2.7. PALMA FORRAGEIRA, MELHORA O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS?

Nos últimos anos o teor de gordura e a composição dos ácidos graxos nos alimentos vem sendo destacada, uma vez que o mercado consumidor está cada vez mais exigente quanto a qualidade a gordura dietética afim de evitar a incidência de doenças cardiovasculares coronariana, e alguns tipos de câncer (NAJAFI et al., 2012), portanto a busca por opções que alterem a composição dos ácidos graxos existentes na carne ovina torna-se primordial. Neste sentido, a palma forrageira é um alimento que acelera a passagem da dieta pelo trato gastrointestinal, característica que pode proporcionar o escape de maior teor de ácidos graxos insaturados do rúmen sem sofrer a biohidrogenação.

De acordo com Atti et al., (2006) ao testa o efeito da suplementação de palma forrageira sobre o crescimento, carcaça, qualidade da carne e composição de ácidos graxos de cabritos machos, concluíram que o uso da palma forrageira na dieta de ovinos e caprinos aumenta as proporções de ácido linoleico conjugado (CLA), ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) e a relação de ácidos graxos poli-insaturados e ácidos graxos saturados (PUFA:SFA). Enquanto, Abidi et al. (2009) verificaram que o uso de palma forrageira na dieta de ovinos pode influenciar no perfil lipídico da carne, aumentando os ácidos graxos insaturados devido à ocorrência de biohidrogenação ruminal incompleta. Já Cardoso et al., (2020), avaliando o desempenho de crescimento, características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros alimentados com níveis crescentes de palma forrageira, observou que a inclusão de palma forrageira até 275 g/kg na dieta de ovinos mestiços Santa Inês mantidos em confinamento melhora na concentração de ácidos graxos insaturados da carne de cordeiro com o aumento da inclusão de palma forrageira.

A relação entre o uso da palma forrageira e o perfil de ácido graxo presente nos produtos cárneos estar cada vez mais evidente. Siqueira et al., (2017) descreve que a elevação dos intermediários de biohidrogenação ruminal do ácido linolênico e linoléico na carne provavelmente aumentará as concentrações oleicas, cisvaccênicas e transvaccênicas. E que isso se deveu ao aumento de aproximadamente 30% na concentração de ácido linoléico das dietas adicionadas de palma forrageira e também devido ao aumento da taxa de passagem observada quando a palma forrageira foi adicionada à dieta de ruminantes.

Por outro lado, a associação da palma forrageira com fontes de gordura na dieta de ruminantes tem sido investigada (GAMA et al., 2021; NETTO et al., 2022; SANTOS et al., 2022). Gama et al., (2021) trabalhando com a associação da palma forrageira com óleos vegetais ricos em PUFA pode contribuir para a melhora nutricional da gordura do leite, onde

observou-se um aumento nas proporções de trans-11 18:1 e cis-9, trans-11 CLA. que pode ser explicado pela presença de compostos fenólicos em *Opuntia spp.*, incluindo *Opuntia stricta* que podem alterar a população microbiana do rumém inibindo espécies de bactérias responsáveis pela etapa final do biohidrogenação ruminal (CHILLIAR et al., 2007; VASTA et al., 2019). Além disso, Gama et al. (2021), testando a substituição parcial da silagem de sorgo por palma, em dietas suplementadas com pequenas quantidades de óleo de soja (2,7% MS), resultou em aumento do teor de ácido rumênico na gordura do leite de vacas leiteiras. Evidenciando o potencial da palma forrageira de proporcionar o escape de PUFAS do rumem em grande quantidade, principalmente quando a dieta contém alguma fonte de lipídios.

3. REFERÊNCIAS

- ABIDI, S. et al. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. **Small Ruminant Research**, v. 87, p. 9–16, 2009.
- ABU-ELHEIGA, L. et al. Continuous fatty acid oxidation and reduced fat storage in mice lacking acetyl-CoA carboxylase 2. **Science**, v. 291, n. 5513, p. 2613-2616, 2001.
- ABU-ELHEIGA, L. et al. Human acetyl-CoA carboxylase 2: molecular cloning, characterization, chromosomal mapping, and evidence for two isoforms. **Journal of Biological Chemistry**, v. 272, n. 16, p. 10669-10677, 1997.
- ALBA, H. D. R et al. Protected or unprotected fat addition for feedlot lambs: Feeding behavior, carcass traits, and meat quality. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 328, 2021.
- ALMEIDA, G. A. P. de et al. Sugarcane bagasse as exclusive roughage for dairy cows in smallholder livestock system. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 31, p. 379–385, 2018
- ATTI, N.; MAHOUACHI, M.; ROUISSI, H. Efeito da suplementação de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) sobre o crescimento, carcaça, qualidade da carne e composição de ácidos graxos de cabritos machos. **Ciência da carne**, v. 73, n. 2, p. 229-235, 2006.
- BARBOSA, M. L. et al. Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 399–408, 2018.
- BARROS, L. J. A. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 50, p. 149-154, 2018.
- BAYAR, N.; KRIAA, M.; KAMMOUN, R. Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes. **International journal of biological macromolecules**, v. 92, p. 441-450, 2016.

- BEAM, T. M. et al. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 11, p. 2564-2573, 2000.
- BESSA, R. J. B. et al. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. **Livestock production science**, v. 63, n. 3, p. 201-211, 2000.
- BISPO, S. V. et al. Comportamento ingestivo de vacas em lactação e de ovinos alimentados com dietas contendo palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2024-2031, 2010.
- BOTHAM, K. M.; MAYES, P. A. Lípidos de Importância Fisiológica. Em Murray, Robert K., Bender, David A., Botham, Kathleen M., Kennelly, Peter J., Rodwell, Victor W., Weil, P. Anthony (dir.), **Harper Bioquímica Ilustrada**. 29 ed McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A, pp. 140 -151, ISBN: 978-0-07-176576-3. 2012
- BOUFAÏED, H. et al. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 3, p. 501-511, 2003.
- BROWNSEY, R. W. et al. Regulation of acetyl-CoA carboxylase. **Biochemical Society Transactions**, v. 34, n. 2, p. 223-227, 2006.
- BULCÃO, L. F. A. et al. Digestion, ruminal metabolism, and feeding behavior of buffaloes fed diets supplemented with soybean oil, whole and raw soybean, and calcium salts of fatty acids. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 2, p. 216, 2021.
- CARDOSO, D. B. et al. Growth performance, carcass traits and meat quality of lambs fed with increasing levels of spineless cactus. **Animal Feed Science and Technology**, 2020.
- CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Napolea cochenilifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.
- CHUNG, K. Y. et al. Lipogenesis and stearoyl-CoA desaturase gene expression and enzyme activity in adipose tissue of short-and long-fed Angus and Wagyu steers fed corn-or hay-based diets. **Journal of animal science**, v. 85, n. 2, p. 380-387, 2007.
- CHURCH, C. D. (1993). **Em rumiante: fisiología digestiva y nutrición**. 1a ed. Acribia. Zaragoza. 641 pp.
- COSTA, R. G. et al. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, n. 1, p. 13-17, 2012.
- CRUZ, Antonio Ariclezio Carlos et al. Sugarcane and cactus cladodes plus urea: a new option for Girolando dairy heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. e20200016, 2020.
- DIDA, M.. Faji. Strategies for goat feeding and management during drought. In: **Goat Science-Environment, Health and Economy**. IntechOpen, 2021.
- DIERKING, R. M.; KALLENBACH, R. L.; GRÜN, I. U. Effect of forage species on fatty acid content and performance of pasture-finished steers. **Meat science**, v. 85, n. 4, p. 597-605, 2010.
- DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, n. 13, p. 29-40, 2013.

DUTRA, I. C. et al. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) f. Cactaceae como alternativa para alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências**, v. 3, n. 9, p. 33-41, 2024.

ESTURRARI, E. F. **Oferta e demanda do mercado de ovinos de corte: um panorama nacional de perspectivas, tendências e oportunidades**. 2017. 31 f. Monografia (MBA em Gestão do Agronegócio) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2017.

FAO (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Meat Market Review: Emerging trends and outlook 2022**. Rome.

FELIX, S. C. R. et al. Intake, performance, and carcass characteristics of lambs fed spineless cactus replacing wheat bran. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, n. 2, p. 465-468, 2016.

FERNANDES, S. A. et al. Perfil de ácidos graxos em alimentos de clima tropical utilizados nas dietas para ruminantes. **Boletim da Indústria Animal**, 2007.

FERREIRA, M. A. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 322-329, 2009.

FERREIRA, M. A. et al. Forage cactus as the basis of livestock systems in drylands. In: **X International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus-the New Green Revolution in Drylands 1343**. 2022. p. 47-54.

FREITAS, Wandemberg Rocha et al. Sugarcane bagasse as only roughage for crossbred lactating cows in semiarid regions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 386-393, 2018.

FRUET, A. P. B. et al. Effects of feeding legume-grass pasture and different concentrate levels on fatty acid profile, volatile compounds, and off-flavor of the *M. longissimus thoracis*. **Meat Science**, v. 140, p. 112-118, 2018.

GALEANO, V. J. L. et al. Productive responses of dairy goats fed on diets containing elephant grass (*Pennisetum purpureum*) associated or not with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes, and extra-fat whole corn germ as a substitute for corn. **Small Ruminant Research**, v. 207, p. 106609, 2022.

GAMA, M. A. S. et al. Partially replacing sorghum silage with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes in a soybean oil-supplemented diet markedly increases trans-11 18: 1, cis-9, trans-11 CLA and 18: 2 n-6 contents in cow milk. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, n. 2, p. 232-246, 2021.

GERSON, T.; JOHN, A.; SINCLAIR, B. R. The effect of dietary N on in vitro lipolysis and fatty acid hydrogenation in rumen digesta from sheep fed diets high in starch. **The Journal of Agricultural Science**, v. 101, n. 1, p. 97-101, 1983.

GILBERT, C. D. et al. Carcass, sensory, and adipose tissue traits of Brangus steers fed casein-formaldehyde-protected starch and/or canola lipid. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 10, p. 2457-2468, 2003.

GIORDANI JUNIOR, R. et al. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Brazilian Journal of Science Amazon**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.

GLASSER, F. et al. Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 185, n. 1-2, p. 19-34, 2013.

GRIINARI, J. M. et al. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. **The Journal of nutrition**, v. 130, n. 9, p. 2285-2291, 2000.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. **Advances in conjugated linoleic acid research**, v. 1, n. 1, p. 180-200, 1999.

GUPTA, M.; MONDAL, T. Heat stress and thermoregulatory responses of goats: a review. **Biological Rhythm Research**, v. 52, n. 3, p. 407-433, 2021.

HAMZAOUI, S. et al. Effect of soybean oil supplementation on milk production, digestibility, and metabolism in dairy goats under thermoneutral and heat stress conditions. **Animals**, v. 11, n. 2, p. 350, 2021.

IBGE-Sidra. Efetivo/rebanhos Pesquisa pecuária Municipal (PMP)., Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em: 15 agosto 2024.

IWTO (2022) Market Information Ed.17. International wool textile organization, World Sheep Numbers & Wool Production, Consultado online em 12 Abril de 2024. <https://iwto.org/wp-content/uploads/2022/04/IWTO-Market-Information-Sample-Edition-17.pdf>.

JENKINS, T. C. et al. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of animal science**, v. 86, n. 2, p. 397-412, 2008.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of dairy science**, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.

KIM, K. Regulation of mammalian acetyl-coenzyme A carboxylase. **Annual review of nutrition**, v. 17, n. 1, p. 77-99, 1997.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Ed. UFSM, 2002.

LEHNINGER, A. L. **Lehninger principles of biochemistry**. Worth Publishers: New York. (2000).

LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. 6. ed. São Paulo: Artmed, 1220p. 2014.

LIMA, P. R. et al. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 249, p. 10-17, 2019.

LOPES, L. A. et al. Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. Orelha de elefante mexicana. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, p. 1284-1291, 2020.

LOPES, L. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **Pubvet**, v. 13, p. 170, 2019.

LOPEZ, R. et al. Effect of increasing level of dietary protein on serum concentrations of metabolic hormones and mammary development in Holstein heifers consuming a moderate-energy diet. **Journal of dairy science**, v. 84, n. Suppl 1, p. 161, 2001.

LÓPEZ, S. E.; LÓPEZ, J. Suplementação lipídica para vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 11, n. 1/2, p. 103-112, 2005.

- MACIEL, L. P. A. A. et al. Intake, digestibility and metabolism in sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 1717-1723, 2019.
- MEDEIROS, I. P. S. et al. Cactus cladodes and sugarcane bagasse can partially replace earless corn silage in diets of lactating dairy cows. **Dairy**, v. 5, p. 33–43, 2024.
- MIOTTO, F. R. C. et al. Desempenho produtivo de tourinhos Nelore x Limousin alimentados com dietas contendo gérmen de milho integral. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 624-632, 2009.
- MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v. 59, n. 3, p. 479-485, 2019.
- MORAES, G. et al. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: how do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions? **Livestock Science**, v. 221, 2019.
- MOURA, M. S. C. et al. The inclusion of spineless cactus in the diet of lambs increases fattening of the carcass. **Meat Science**, v. 160, 107975, 2020.
- MUNHAME, J. A. et al. Intake, digestibility, ingestive behavior and performance of goats fed spineless cactus genotypes resistant to carmine cochineal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 5, p. 1209-1216, 2021.
- NAGARAJA, T. G. et al. Manipulation of ruminal fermentation. **The rumen microbial ecosystem**, p. 523-632, 1997.
- NAJAFI, M. H. et al. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory Properties of male mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil. **Meat Science**, v. 92, n. 4, p. 848-854, 1 dez. 2012
- NETTO, A. J. et al. Replacing corn with full-fat corn germ in a basal diet containing cactus (*Opuntia stricta*) cladodes and sugarcane as forage sources induces milk fat depression associated with the trans-10 shift in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 288, p. 115289, 2022.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. **Nutrição de ruminantes**, v. 1, p. 183-223, 2006.
- OLIVEIRA, J. P. F. et al. Spineless cactus as a replacement for sugarcane in the diets of finishing lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 1, p. 139-144, 2017.
- OLIVEIRA, M. X. S. et al. Inclusion of soybean and linseed oils in the diet of lactating dairy cows makes the milk fatty acid profile nutritionally healthier for the human diet. **Plos one**, v. 16, n. 2, p. e0246357, 2021.
- PALMQUIST, D. L. E Mattos, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. in: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 1a ed. Funep. Jaboticabal. 583 pp. 2006.
- Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutria de Ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, cap.10. p.299-322. 2011.
- PARIZA, M. W. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. **The American journal of clinical nutrition**, v. 79, n. 6, p. 1132S-1136S, 2004.

- PEREIRA, G. A. et al. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless cactus silage and fresh spineless cactus. **Small Ruminant Research**, v. 194, p. 106293, 2021.
- PESSOA, D. V. et al. Forage cacti of the genus *Opuntia* in different phenological phases: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, v. 181, 2020.
- PETROVA, I.; BANSKALIEVA, V.; DIMOV, V. Effect of feeding on distribution of fatty acids at Sn-2-position in triacylglycerols of different adipose tissues in lambs. **Small Ruminant Research**, v. 13, n. 3, p. 263-267, 1994.
- PINTO, T. F. et al. Use of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) replacing corn on carcass characteristics and non-carcass components in Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1333-1338, 2011.
- RELLING, A. E; MATTIOLI, G. Al. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. **Argentina: UNLP Editorial Edulp**, p. 23-55, 2003.
- REZENDE, F. M. et al. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw.) to replace sorghum silage in sheep diet. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1875-1880, 2020.
- Ribeiro, J. S.; Santos, L.L.; Lima Júnior, D.M. Spineless cactus associated with Tifton hay or sugarcane bagasse may replace corn silage in sheep diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 995-1000, 2017.
- ROCHA FILHO, R. R. Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Tese em Zootecnia, Recife, Pernambuco, Brasil, 2012.
- ROLLIN, X. et al. Short-and long-term nutritional modulation of acetyl-CoA carboxylase activity in selected tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **British Journal of Nutrition**, v. 89, n. 6, p. 803-810, 2003.
- ROSA E SILVA, P. I. J. L. et al. Effects of rumen-protected oil supplementation on finishing grazing beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 763-769, 2020.
- SANTOS, D. S. et al. Sugarcane replaced by cactus cladodes improves the ruminal dynamics of sheep. **Small Ruminant Research**, v. 209, p. 106649, 2022.
- 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, J. R. S. et al. Carcass characteristics and body components of Santa Inês lambs in feedlot fed on different levels of forage cactus meal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2273-2279, 2011.
- SANTOS, W. S. et al. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil e na região Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 7, p. 21283-21303, 2023.
- SEJIAN, V. et al. Opportunities, challenges, and ecological footprint of sustaining small ruminant production in the changing climate scenario. **Agroecological footprints management for sustainable food system**, p. 365-396, 2021.
- SHANG, X. et al. Effects of soybean oil and dietary copper levels on nutrient digestion, ruminal fermentation, enzyme activity, microflora and microbial protein synthesis in dairy bulls. **Archives of animal nutrition**, v. 74, n. 4, p. 257-270, 2020.

- SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006.
- 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.
- 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.
- SILVA, R. C. et al. Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) spineless cactus as an option in crossbred dairy cattle diet. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 516-525, 2018.
- SIQUEIRA, M. C. B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, p. 56–64, 2017.
- SIQUEIRA, M. et al. Nutritive value, in vitro fermentation, and methane production of cactus cladodes, sugarcane bagasse, and urea. **Animals**, v. 11, p. 1266, 2021.
- SMITH, S. B. et al. Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. suppl_14, p. E72-E82, 2009.
- SMITH, S. B.; CROUSE, J. D. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. **The Journal of nutrition**, v. 114, n. 4, p. 792-800, 1984.
- SMITH, S.; WITKOWSKI, A.; JOSHI, A. K. Structural and functional organization of the animal fatty acid synthase. **Progress in lipid research**, v. 42, n. 4, p. 289-317, 2003.
- UNDERWOOD, K. R. et al. Relationship between kinase phosphorylation, muscle fiber typing, and glycogen accumulation in longissimus muscle of beef cattle with high and low intramuscular fat. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 23, p. 9698-9703, 2007.
- VAN BAALE, M. J. et al. Effect of forage or grain diets with or without monensin on ruminal persistence and fecal *Escherichia coli* O157: H7 in cattle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 9, p. 5336-5342, 2004.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell university press, 1994.
- VARGAS, J. E. et al. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1613, 2020.
- VASCONCELOS, A. G. V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 827-831, 2009.
- VERNON, R. G. Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminant animals. **Lipid metabolism in ruminant animals**, p. 279-362, 1981.
- WARD, R. E. et al. Relationship between the expression of key lipogenic enzymes, fatty acid composition, and intramuscular fat content of Limousin and Aberdeen Angus cattle. **Livestock Science**, v. 127, n. 1, p. 22-29, 2010.

WATTIAUX, M. A.; GRUMMER, R. R. Lipid metabolism in dairy cows. **Web site of Babcock Institute for International Dairy Research and Development. University of Wisconsin, USA, 2000.**

WHITEHURST, G. B. et al. Fatty acid synthesis from lactate in growing cattle. **The Journal of Nutrition**, v. 111, n. 8, p. 1454-1461, 1981.

WOOD, J. D.; ENSER, Michael. Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. **New aspects of meat quality**, p. 501-535, 2017.

CAPÍTULO 1

GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO ASSOCIADO À PALMA FORRAGEIRA PODE SUBSTITUIR O MILHO EM DIETAS PARA OVINOS DE CORTE?

RESUMO

Este estudo avaliou os efeitos da substituição total do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho (GIEM) associado ou não à palma forrageira sobre o consumo de alimentos, desempenho, balanço de nitrogênio e metabólitos sanguíneos de ovinos. Foram utilizados 40 ovinos da raça Santa Inês, machos inteiros, com quatro meses de idade e peso corporal médio inicial de $22,17 \pm 1,71$ Kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em quatro tratamentos: milho moído (MI); milho moído + palma forrageira (MIPF); gérmen de milho integral extra gordo (GIEM) e gérmen de milho integral extra gordo + palma forrageira (GIEM+PF). O efeito dos tratamentos foi analisado por meio de contrastes ortogonais. A dieta com gérmen e sem palma forrageira diminuiu ($P < 0,05$) os consumos de matéria seca, digestibilidade e nitrogênio consumido resultando em menor desempenho e aumento ($P < 0,05$) nos níveis de colesterol. A inclusão de palma forrageira proporcionou maiores ($P < 0,05$) consumos e digestibilidade dos nutrientes. A substituição do milho pelo gérmen é recomendada quando associado à palma forrageira, visto que tal associação atua de maneira benéfica sobre o consumo de nutrientes, desempenho, balanço de nitrogênio e metabólitos sanguíneos, proporcionando melhores respostas produtivas.

Palavras-chave: Cactácea, coprodutos, lipídeos, orelha de elefante mexicana.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of total replacement of corn by full-fat corn germ (FFCG) associated or not with forage cactus on feed intake, performance, nitrogen balance and blood metabolites of sheep. Forty Santa Ines sheep, uncastrated males, four months old and with an average initial body weight of 22.17 ± 1.71 kg, were used. They were distributed in a completely randomized design into four treatments: ground corn (GC); ground corn + Forage cactus (GC+FC); full-fat corn germ (FFCG); and full-fat corn germ + Forage cactus (FFCG+FC). FFCG was used at levels of 0 and 10% of dry matter to replace corn. The effect of treatments was analyzed by means of orthogonal contrasts. The diet with germ and without forage cactus decreased ($P < 0.05$) dry matter intake, digestibility and nitrogen intake, resulting in lower performance and increased ($P < 0.05$) cholesterol levels. The inclusion of forage cactus provided higher ($P < 0.05$) nutrient intake and digestibility. The replacement of corn by germ is recommended when associated with forage cactus, since such association acts beneficially on nutrient intake, performance, nitrogen balance and blood metabolites, providing better productive responses.

Key words: cactus, co-products, lipids, Forage cactus.

1. INTRODUÇÃO

A utilização do confinamento em detrimento ao sistema a pasto permite um acréscimo na produção de cordeiros, por acelerar o ganho de peso, reduzir a idade ao abate e tempo para terminação, proporcionando melhora na conformação, deposição de gordura nas carcaças e maiores pesos dos principais cortes comerciais, melhorando também a eficiência do uso do solo, mas deve ser dada atenção ao custo de produção (Menezes et al., 2021; GALLO et al., 2019; Silva et al., 2023).

Dentre os custos que compõem a produção animal destaca-se o custo com alimentação. Este pode responder por cerca de 50 a 70% dos custos totais, excetuando-se a aquisição dos animais (GIORDANI JUNIOR et al., 2014; SANTOS et al., 2020). Entre os principais ingredientes utilizados com objetivo de fornecer energia através da dieta está o milho. O milho é um alimento altamente energético e rico principalmente em amido, um componente de rápida fermentação do ambiente ruminal através das bactérias amilolíticas o que resulta em alta produção do ácido graxo propionato (VAN BAAL et al., 2004; ABOZEID et al., 2017). Por ser uma commodity, este alimento concorre com a sua utilização também para os seres humanos e necessita de outros ingredientes que possam substituí-lo e atenuar os custos da produção animal. Nesse sentido, a utilização de coprodutos das agroindústrias pode ser uma alternativa.

A utilização de coprodutos ou subprodutos deve estar ligada à sua disponibilidade, bem como sua capacidade em suprir as exigências nutricionais dos animais e sem riscos à segurança alimentar dos animais e consumidores. Um coproduto com potencial para substituir total ou parcialmente o milho é o germen integral extra gordo de milho (GIEM), que é obtido através da moagem úmida do grão de milho (Moreau, et al., 2005) e possui elevado teor lipídico, com média de 481 g de extrato etéreo por quilo de MS (GALEANO et al., 2022; NETTO et al., 2022; MEDEIROS et al., 2024; SILVA et al., 2022), o que eleva a densidade energética das rações.

Os lipídeos, apesar do alto aporte energético, contudo alguns autores mostraram que a inclusão de cerca de 5% de extrato etéreo na dieta pode causar efeitos deletérios sobre a microbiota ruminal e diminuir a ingestão e digestão de nutrientes (ABUBAKR et al., 2013; YANG et al., 2009, IBRAHIM., 2021), porém essa toxicidade depende do nível de insaturação dessa gordura. Portanto, associar o fornecimento de lipídeos com outro alimento

que promova um menor tempo de exposição no ambiente ruminal é uma alternativa para diminuir seus efeitos deletérios no rúmen à exemplo da palma forrageira.

A palma forrageira é um alimento que proporciona uma maior taxa de passagem da dieta no trato gastrointestinal e recentemente vem sendo estudada a sua associação com fontes de gordura na dieta de ruminantes (GAMA et al., 2021; NETTO et al., 2022; SANTOS et al., 2022). Além disso, a inclusão de palma forrageira pode melhorar nutricionalmente a qualidade das dietas conforme demonstrado por Rezende et al. (2020), que incluiu a palma forrageira na dieta de ovinos em substituição a silagem de sorgo e observou maior ingestão de carboidratos não-fibrosos além de maior digestibilidade da matéria seca e carboidratos não-fibrosos, demonstrando que este alimento pode ser potencializador no aproveitamento de nutrientes da dieta.

Diante do exposto, hipotetizou-se que dietas contendo o GIEM em substituição ao milho, associado ou não a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana melhora o desempenho produtivo de ovinos em terminação. Assim, objetivou-se avaliar a substituição total do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho associado ou não com a palma forrageira sobre o consumo, digestibilidade, desempenho, balanço de nitrogênio e metabólitos sanguíneos de ovinos em terminação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), região metropolitana do Recife, PE, situada sob as coordenadas geográficas de 8°04'03''S e 34°55'00''W. Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética do Uso de Animais (CEUA/UFRPE), sob a licença de número 4992250221.

2.2. ANIMAIS E DESENHO EXPERIMENTAL

Foram utilizados 40 ovinos Santa Inês, machos não castrados, com aproximadamente quatro meses de idade e peso médio inicial de $22,17 \pm 1,71$ Kg. Antes do início do período de adaptação experimental, todos os animais foram identificados e submetidos ao controle de endoparasitas com uso dos anti-helmínticos Toltrazuril 5% (ISOCOX[®], Ourofino Saúde Animal) e Ivermectina 1% (IVOMECA[®], Boehringer Ingelheim) e vacinados contra clostridioses usando-se vacina polivalente (Poli-Star, Vallée, MSD Saúde Animal Brasil) e

posteriormente tratados com Albendazol + Cobalto (Endazol 10% Co, Hipra Saúde Animal, Porto Alegre - Rio Grande do Sul, Brasil). A área experimental destinada aos animais foi constituída de baias individuais, com dimensões de 1,0 m x 1,2 m, providos de bebedouros e comedouros, dispostas em aprisco coberto.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com período experimental de 75 dias, sendo os 15 primeiros dias destinados à adaptação dos animais às instalações, às dietas e ao manejo, e os 60 dias restantes para avaliação e coleta de dados. Os animais foram distribuídos casualmente em quatro tratamentos e dez repetições, sendo o peso corporal inicial (PCI) utilizado como covariável. Quando não significativo, o PCI foi retirado do modelo.

2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas e o fornecimento de água foi *ad libitum*. A quantidade fornecida foi ajustada diariamente, baseada na ingestão voluntária do animal no dia anterior, com estimativa de sobras de 15%.

As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, compostas da seguinte forma: milho moído (MI); milho moído + palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) (MIPF); gérmen de milho integral extra gordo (GIEM) e gérmen de milho integral extra gordo + palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) (GIEM+PF). O GIEM foi utilizado nos níveis de 0 e 10% da matéria seca em substituição ao milho moído nas dietas experimentais. As rações foram calculadas para atender ganhos de peso de 200 g/dia (NRC, 2007). As composições dos ingredientes e dietas estão apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Item	Feno de tifton85	de POEM ⁴	Milho moído	GIEM ⁵	Farelo de soja	Farelo de trigo	Mistura mineral ¹	Ureia
Matéria Seca ¹	904.50	91.75	887.50	969.30	887.50	892.30	999.00	978.80
Matéria Mineral ²	67.80	134.10	15.50	11.90	65.50	68.30	999.90	-
Matéria Orgânica ²	932.20	865.90	984.50	988.10	934.50	931.70	0.10	-
Proteína Bruta ²	61.60	108.90	83.20	130.70	490.50	166.50	-	265.00
Extrato Étere ²	9.50	15.90	31.20	480.80	15.10	21.80	-	-
Fibra em Detergente Neutrocp ^{2,3}	680.80	215.30	145.20	240.00	102.30	425.60	-	-
Carboidratos Não-Fibrosos ^{2,6}	85.90	448.20	749.20	148.50	274.70	323.20	-	-

Mistura mineral: Níveis de garantia (por kg do produto): Cálcio (Ca) - mínimo: 110,00g; Cálcio (Ca) - máximo: 135,00g; Fósforo (P): 87,00g; Enxofre (S): 18,00g; Sódio (Na): 147,00g; Cobre (Cu): 590,00mg; Cromo (Cr): 20,00mg; Iodo (I): 50,00mg; Manganês (Mn): 2000,00mg; Molibdênio (Mo): 300,00mg; Selênio (Se): 20,00mg; Zinco (Zn): 3800,00mg; Flúor (F) - máximo: 870mg.

¹ Com base na matéria natural;

² Com base na matéria seca;

³ Corrigida para cinzas e proteína;

⁴ Palma forrageira orelha de elefante mexicana;

⁵ Gérmen integral extra gordo de milho

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais

Alimentos	Tratamentos			
	MI	MI+PF	GIEM	GIEM+PF
	(g/kg MS)			
Feno de Tifton	592.50	300.00	600.00	592.50
Palma forrageira OEM ¹	0.00	297.50	0.00	297.50
Gérmen integral extra gordo de milho	0.00	0.00	100.00	100,00
Milho	100.00	100.00	0.00	0.00
Farelo de trigo	160.00	160.00	160.00	160.00
Farelo de soja	120.00	120.00	120.00	120.00
Ureia + flor de enxofre	7.50	2.50	7.50	2.50
Sal mineral	20.00	20.00	20.00	20.00
Composição química (g/kg MS)				
Matéria seca	901.10	248.50	908.80	249.10
Matéria mineral	62.50	89.60	69.20	89.30
Proteína bruta	149.65	150.78	154.40	155.53
Extrato etéreo	14.00	16.00	59.00	61.00
Fibra em detergente neutro cp	498.30	363.20	507.70	372.70
Carboidratos não fibrosos	320.00	429.90	254.10	371.10

¹OEM= Orelha de Elefante Mexicana

MI= Milho moído

PF= Palma forrageira

GIEM= Gérmen integral extragordo de milho

2.4. COLETA DE AMOSTRAS DE SOBRAS E FEZES E ANÁLISES QUÍMICAS

As sobras foram pesadas diariamente e amostradas para posteriores análises. As fezes foram coletadas entre o 45º e o 48º dias de experimento para estimar a concentração dos componentes digestíveis da MS e seus constituintes, utilizando bolsas coletoras acopladas ao corpo dos animais. Tanto as amostras de sobras quanto fezes e ingredientes das dietas foram congeladas em freezer e ao final do experimento, as amostras foram secas em estufa a 60°C por 72 horas e moídas em uma peneira de 1 mm para posteriores análises de matéria seca (MS; método AOAC 934.01), matéria mineral (MM; método AOAC 942.05), proteína bruta (PB; método AOAC 954.01), extrato etéreo (EE; método AOAC 920.39) e lignina (método AOAC 973.18) conforme descrito pela AOAC (2019). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme Van Soest et al. (1991), com adição de enzima α -amilase termoestável, segundo recomendações descritas por Mertens (2002) e usando o equipamento autoclave conforme Senger et al. (2008). O resíduo da FDN foi corrigido para cinzas (FDNc) por meio de incineração em mufla (600 °C durante quatro horas) e a correção da PB foi obtida pela subtração da proteína insolúvel na fibra em detergente neutro (FDNp), segundo metodologia descrita por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Posteriormente, a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp) foi obtida pela equação proposta por Detmann e Valadares Filho (2010): $FDNcp \text{ (g/kg MS)} = FDN - (FDNc + FDNp)$.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Sniffen et al. (1992), com modificações de Detmann e Valadares Filho (2010), quanto ao uso da FDNcp: quando não utilizou ureia: $CNF \text{ (g/kg MS)} = 1000 - MM - EE - FDNcp - PB$ e quando a ureia foi utilizada $CNF \text{ (g/kg MS)} = 1000 - MM - EE - FDNcp - (PB - PBu + U)$, em que: CPu = teor de PB oriunda da ureia e U = teor de ureia.

2.5. CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES

O consumo voluntário foi obtido pela diferença entre a concentração de cada nutriente na matéria seca ofertada e a concentração nas sobras. Para estimativa do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), foi adotada a equação descrita por Weiss (1999), em que $NDT \text{ g/kg} = (PBd + FDNcpd + CNFd + EEd * 2,25)$, onde: PBd = proteína bruta digestível, FDNcpD = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína digestível, CNFd = carboidrato não fibroso digestível e EEd = extrato etéreo digestível.

Entre o 45° ao 48° dias do período experimental foi realizado o ensaio de digestibilidade aparente (DA). Este ensaio foi realizado através do método de coleta total de fezes de acordo com Fukumoto et al. (2007), na sexta semana do período de avaliação e coleta de dados, durante seis dias, sendo dois de adaptação às bolsas coletoras e quatro dias de coleta de fezes e sobras de todos os animais. A DA da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), e a digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram determinados conforme a seguinte equação: $DA \text{ (g/kg)} = [(nutriente \text{ ingerido} - nutriente \text{ excretado}) / nutriente \text{ ingerido}] \times 1000$.

2.6. COLETA E PROCESSAMENTO DE SANGUE E URINA

A coleta de sangue foi realizada no 58° dia do experimento, quatro horas após o fornecimento da ração, via punção da veia jugular, utilizando-se tubo de ensaio Vacutainer® Fluoreto/EDTA, para determinação de glicose plasmática e Vacutainer® sem anticoagulante para determinação de metabólitos: Glicose, Triglicerídeos, Colesterol, Ureia, Creatinina, Albumina, Ácido úrico, Proteínas totais. Enzimas: Alanina-aminotransferase (ALT), Aspartato-aminotransferase (AST), Gama-Glutamiltransferase (GGT), Fosfatase alcalina (FA) e minerais séricos: Cálcio, fósforo e magnésio. As amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos para separação do soro e plasma, logo em seguida foram acondicionadas em eppendorfs de 2 mL e armazenadas a -20°C. Os metabólitos bioquímicos plasmáticos e séricos do sangue foram analisados com kits comerciais - LABTEST®, em analisador bioquímico automático LABMAX 240® (LabTest, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil) no Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da UFRPE.

Entre o 45° ao 48° dias do período experimental foi realizada a coleta total de urina, utilizando-se de funis coletores com mangueiras acoplados aos animais para conduzir a urina até um recipiente contendo 100 mL de solução de ácido sulfúrico a 10%, sendo ajustada quantidade de ácido, quando necessário, a fim de 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, para posteriormente ser determinado o teor de nitrogênio total, utilizando-se da metodologia descrita pela AOAC 2000 e adaptada por Detmann et al. (2012). Foi retirada e congelada a -20 °C uma alíquota de 50 mL para as análises químicas. O balanço de nitrogênio (N) foi obtido pela diferença entre o N total ingerido e o N total excretado nas fezes e na urina.

2.7. DESEMPENHO

Os animais foram pesados no início (PCI) e no final (PCF) do período experimental para avaliação do ganho de peso total (GPT): $GPT = (PCF - PCI)$, e a estimativa de ganho médio diário (GMD) foi obtida através da relação entre o ganho de peso total e o total de dias referente ao período de confinamento até o abate, após jejum de 16 horas.

2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de Barlett para verificar a homocedasticidade dos dados e ao teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Uma vez que as premissas da análise de variância foram atendidas, foi aplicado o seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, Em que: Y_{ij} = valor observado da variável dependente; μ = média geral; A_i = efeito fixo da fonte de energia; B_j = efeito fixo do fator palma forrageira; AB_{ij} = efeito da interação; ϵ_{ijk} = erro experimental.

Os dados foram analisados utilizando o procedimento GLM do SAS (versão 9.4; SAS Inst., Inc, NC, USA) de acordo com o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de energia e com ou sem palma forrageira). Foram consideradas diferenças significativas para $P < 0,05$. Quando houve interação significativa, foi usado o teste de Tukey para múltiplas comparações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

Houve interação ($P < 0,05$; Tabela 3) entre a inclusão de palma forrageira e a fonte energética para os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais, carboidratos não-fibrosos, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, consumo de nutrientes digestíveis totais, assim como nas digestibilidades do extrato etéreo e carboidratos totais.

As dietas que incluíam palma forrageira, independentemente da fonte energética, resultaram em maiores consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais, carboidratos não-fibrosos, digestibilidade dos carboidratos totais ($P < 0,05$; Tabela 4).

As dietas com palma forrageira, proporcionaram maiores digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e carboidratos não-fibrosos. Dietas contendo gérmen

proporcionaram menores digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, carboidratos não-fibrosos e maior digestibilidade da proteína bruta ($P < 0,05$; Tabela 3).

Tabela 3. Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

Variáveis	Palma		Fonte de energia (FE)			P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen	EPM	Palma	FE	Palma x FE
Consumos (g/kg)								
MS	1184,17a	893,28b	1099,00a	978,46b	20,49	<,0001	0,0002	<0,0001
MO	1076,90a	835,50b	1015,23a	897,17b	19,37	<,0001	0,0001	<,0001
PB	192,82a	149,69b	178,09a	164,42b	3,22	<,0001	0,0055	0,0001
EE	50,14a	32,91b	16,66b	66,39a	0,69	<,0001	<,0001	<,0001
CT	833,73a	647,21b	814,95a	665,99b	15,23	<,0001	<,0001	0,0001
CNF	435,64a	224,73b	381,50a	278,86b	6,99	<,0001	<,0001	0,0134
FDNcp	422,48a	398,10a	433,46a	387,13b	9,09	0,0644	0,0010	<,0001
NDT	798,10a	512,30b	659,60a	643,80a	0,01	<,0001	0,4223	<,0001
Digestibilidade (g/kg)								
MS	662,50a	555,70b	625,20a	593,10b	8,10	<0,0001	0,0091	0,0964
MO	693,30a	579,40b	654,30a	618,40b	7,80	<0,0001	0,0028	0,0651
PB	777,20a	757,40b	755,30b	774,30a	6,30	0,0090	0,0437	0,2395
EE	757,84a	699,43b	582,80b	874,50a	14,76	0,0083	<0,0001	0,0011
CT	665,19a	519,88b	630,96a	554,11b	8,84	<0,0001	<0,0001	0,0082
CNF	798,40a	611,20b	780,10a	629,50b	20,30	<0,0001	<0,0001	0,0927
FDNcp	467,70a	515,70a	491,00a	492,24a	22,20	0,1361	0,9667	0,0904

Tabela 4. Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para a Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
Gérmen Milho	1191,81Aa 1176,53Aa	CMS/g 765,11Bb
		1021,46Ba
Gérmen Milho	1084,02Aa 1069,79Aa	CMO/g 710,33Bb
		960,66Ba
Gérmen Milho	196,39Aa 189,25Aa	CPB/g 132,46Bb
		166,93Ba
Gérmen Milho	81,04Aa 19,24Ab	CEE/g 51,74Ba
		14,07Bb
Gérmen Milho	805,90Aa 861,55Aa	CCT/g 526,08Bb
		768,35Ba
Gérmen Milho	397,18Ab 474,08Ab	CCNF/g 160,55Bb
		288,91Ba
Gérmen	408,73Aa	CFDNcp/g/ 365,53Ab

Milho	387,47Ba	CNDT/g	479,44Aa
Gérmen	830,00Aa		450,00Bb
Milho	760,00Aa	DEE	580,00Ba
Gérmen	866,60Aa		882,40Aa
Milho	649,00Ab	DCT	516,50Bb
Gérmen	644,30Aa		463,90Bb
Milho	686,10Aa		575,80Ba

Houve interação ($P < 0,05$; Tabela 5) entre a inclusão da palma forrageira e a fonte energética para peso final, peso corporal ao abate, ganho de peso total, ganho médio diário, conversão alimentar, nitrogênio consumido (Ncons), nitrogênio nas fezes (Nfezes), nitrogênio retido (Nretido – g/dia) e nitrogênio absorvido (Nabs – g/dia).

Tabela 5. Desempenho e balanço de nitrogênio de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

Variáveis	Palma		Fonte energética		EPM	P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen		Palma	FE	Palma x FE
Peso inicial kg	21,89	21,89	22,44	22,44	-	-	-	-
Peso final kg	38,67a	31,37b	35,77a	34,27b	0,52	<0,0001	0,0517	0,0006
PCA (kg)	35,59a	29,21b	32,95a	31,85b	0,37	<0,0001	0,0457	0,0010
GPT (kg)	13,56a	6,97b	10,79a	9,74b	0,36	<0,0001	0,0491	0,0003
GMD (g)	225,83a	117,50b	178,13a	165,20a	6,25	<0,0001	0,1552	0,0020
CA (kg/kg)	5,39b	7,81a	6,47a	6,73a	0,21	<0,0001	0,4101	0,0243
Balanço de nitrogênio								
Ncons (g/dia)	30,85a	23,95b	28,49a	26,31b	0,52	<0,0001	0,0055	0,0001
Nurina (g/dia)	2,37a	2,32a	2,38a	2,31a	0,09	0,7311	0,5806	0,0514
Nfezes (g/dia)	6,75a	6,12b	6,87a	5,99b	0,17	0,0154	0,0014	0,0001
Nretido (g/dia)	21,61a	15,70b	19,14a	18,17a	0,39	<0,0001	0,0928	0,0012
Nabs (g/dia)	23,98a	17,96b	21,53a	20,41a	0,39	<0,0001	0,0567	0,0002
Nabs (%)	77,72a	75,24b	75,53b	77,43a	0,63	0,0090	0,0437	0,2395
Nret (%)	70,00a	65,79b	67,05a	68,74a	0,73	0,0002	0,1116	0,2573

As dietas com palma forrageira, independentemente da fonte energética proporcionaram maiores peso final, peso corporal ao abate, ganho de peso diário, melhor conversão alimentar, maiores consumos de nitrogênio (Ncons), maiores absorção (Nabs – g/dia) e retenção de nitrogênio ($P < 0,05$; Tabela 6).

As dietas com palma forrageira, proporcionaram maiores percentuais de absorção e retenção de nitrogênio (Nabs% e Nret%). Já as dietas contendo gérmen proporcionaram maior percentual de absorção de nitrogênio (Nabs %) ($P < 0,05$; Tabela 5).

Tabela 6– Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para desempenho e balanço de nitrogênio de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
	Peso final kg	
Gérmen	39,31Aa	29,24Bb
Milho	38,04Aa	33,49Ba
	Peso corporal ao abate (kg)	
Gérmen	35,99Aa	27,71Bb
Milho	35,18Aa	30,72Ba
	Ganho de peso total (kg)	
Gérmen	14,10Aa	5,38Bb
Milho	13,02Aa	8,55Ba
	Ganho médio diário (g)	
Gérmen	234,16A	96,24B
Milho	217,50A	138,77
	Conversão alimentar (kg/kg)	
Gérmen	5,16Ba	8,30Aa
Milho	5,62Ba	7,32Aa
	Ncons (g/dia)	
Gérmen	31,42Aa	21,19Bb
Milho	30,28Aa	26,71Ba
	Nfezes (g/dia)	
Gérmen	6,87Aa	5,12Bb
Milho	6,63Ba	7,12Aa
	Nretido (g/dia)	
Gérmen	22,10Aa	14,24Bb
Milho	21,11Aa	17,17Ba
	Nabs (g/dia)	
Gérmen	24,57Aa	16,25Bb
Milho	23,38Aa	19,67Ba

Houve interação ($P < 0,05$; Tabela 7) entre a inclusão da palma forrageira e a fonte energética para ureia, Alanina-aminotransferase (ALT) e Fosfatase Alcalina (FA).

A dieta com palma forrageira e gérmen proporcionou maior concentração de ureia circulante em comparação ao gérmen sem palma forrageira, enquanto o contrário ocorreu para a dieta milho com palma forrageira que apresentou uma menor quantidade de ureia circulante frente a dieta milho sem palma forrageira. Além disso, a dieta contendo milho e palma forrageira, em comparação à dieta de milho sem palma forrageira, proporcionou níveis mais baixos de ALT, e entre as dietas sem palma forrageira, a que continha gérmen apresentou a menor concentração de ALT. Quanto a fosfatase alcalina (FA), nas dietas sem palma forrageira, o milho mostrou uma quantidade inferior desse metabolito ($P < 0,05$; Tabela 8).

Tabela 7. Perfil metabólico sanguíneo de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

variáveis	Palma		Fonte energética			P-valor		
	Com	Sem	Milho	gérmen	SEM	P	G	P*G
Glicose - mg/dL	palma	67,92b	71,10b	77,39a	1,46	<0,0001	<0,0001	0,1489
Triglicerídeos - mg/dL	80,57a	18,89a	15,79b	21,72a	0,97	0,8413	0,0002	0,0550
Colesterol - mg/dL	18,62a	61,77a	38,33b	72,36a	1,64	<0,0001	<0,0001	0,1489
Ureia - mg/dL	48,93b	50,15a	48,34a	49,16a	1,37	0,1610	0,6770	0,0005
Creatinina - mg/dL	47,36a	0,89a	0,84a	0,90a	0,03	0,4055	0,2793	0,6002
Albumina - g/dL	0,85a	2,84a	2,76b	3,01a	0,03	0,0740	<0,0001	0,8873
Ácido Úrico - mg/dL	2,93a	0,03a	0,04a	0,04a	0,00	0,0707	0,7725	0,9055
Proteínas totais - g/dL	0,05a	6,43b	6,40b	6,91a	0,12	0,0011	0,0003	0,4438
Cálcio - mg/dL	6,88a	9,02b	9,36b	9,69a	0,11	<0,0001	0,0386	0,8005
Fosforo - mg/dL	10,03a	5,53a	5,71a	5,99a	0,32	0,1730	0,5342	0,6220
Magnésio - mg/dL	6,17a	2,37b	2,57a	2,76a	0,07	<0,0001	0,0734	0,2916
(ALT) - U/L	2,96a	23,15a	23,74a	20,21b	0,75	0,0356	0,0030	0,0003
(AST) - U/L	20,80b	181,39a	166,99b	204,79a	6,62	0,3452	0,0005	0,1718
(GGT) - U/L	190,39a	48,92b	54,08a	53,22a	2,07	0,0028	0,7721	0,8238
(FA) - U/L	58,38a	403,59b	397,90b	514,55a	20,30	0,0005	0,0002	0,0017

As dietas com palma forrageira resultaram maiores níveis de glicose, proteínas totais, cálcio, magnésio e menores concentrações de colesterol. Já as dietas com gérmen proporcionaram maiores concentrações de glicose, triglicerídeos, colesterol, albumina, proteínas totais, cálcio e AST (aspartato-aminotransferase) ($P < 0,05$; Tabela 7).

Tabela 8 – Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para o perfil metabólico sanguíneo de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
		Ureia - mg/dL
Gérmen	51,50Aa	46,82Bb
Milho	43,21Bb	53,47Aa
		(ALT) - U/L
Gérmen	21,21Aa	19,18Ab
Milho	20,35Ba	27,13Aa
		(FA) - U/L
Gérmen	526,81Aa	513,69Aa
Milho	502,30Aa	293,50Bb

3.2. DISCUSSÃO

O maior CMS observado para os animais que consumiram as dietas que continham palma forrageira pode estar relacionado não somente a uma maior aceitabilidade dessas dietas pelos animais (através da palma forrageira), como também uma maior taxa de digestão, devido ao menor conteúdo de FDN dessas dietas, resultando em uma menor ingestão de fibra pelos animais (MORAES et al., 2019; MONTEIRO et al., 2019; SIQUEIRA et al., 2018).

A dieta com gérmen e sem palma forrageira proporcionou menor CMS, esse fato pode estar relacionado a toxicidade dos lipídeos mais insaturados do gérmen, segundo Ibrahim et al. (2020) os lipídeos insaturados pode agir sobre a microbiota ruminal sendo tóxicos. A ação dos lipídeos no rúmen pode ainda, por sua vez, pode prejudicar além do consumo de MS a degradação dos nutrientes (BEHAN et al., 2019; BENHISSI et al., 2020).

Segundo Gama et al. (2021), a palma forrageira devido a sua composição (mucilagem, pectina, compostos fenólicos entre outros) atua sobre a biohidrogenação, alterando a microbiota ruminal e/ou dinâmica de partículas no rúmen e, assim, permite que mais ácidos graxos passem do rúmen para o intestino delgado. Sendo assim, a inclusão de palma forrageira permitiu maiores consumos, apesar da quantidade de gordura do gérmen. Segundo Bayar et al. (2016) a mucilagem da palma forrageira tem a capacidade de aderência da gordura, o que permite sua rápida passagem através do rúmen sem que seja submetida a intensos processos fermentativos.

Galeano et al. (2022) também observaram maior consumo de matéria seca e nutrientes, além de uma maior ingestão de energia com a inclusão de palma forrageira associada ao milho ou gérmen integral extra gordo de milho na dieta de cabras em lactação. Ainda segundo os mesmos autores, a melhor utilização dos nutrientes pelos microrganismos ruminais nas dietas que contém palma forrageira explica a melhor digestibilidade destas, visto que possuem teor mais alto de carboidratos não-fibrosos, assim como observado no presente estudo.

O aumento no consumo de matéria seca observado com a inclusão de palma forrageira nas dietas refletiu em maior consumo de MO, PB, EE, CT, CNF e NDT resultando em melhor desempenho: maior peso final, ganho de peso total, ganho médio diário e melhora da conversão alimentar. Cardoso et al. (2019) e Oliveira et al. (2017) ao incluírem palma forrageira na terminação de ovinos também observaram aumentos dos consumos e conseqüente melhora do desempenho destes. A inclusão de palma forrageira nas dietas eleva a

produção de propionato, conforme encontrado por Araújo et al. (2020) e isso resulta em maior quantidade de energia disponível e melhor desempenho animal.

A dieta com gérmen e sem palma forrageira reduziu os consumos de nutrientes e digestibilidades, exceto para o EE que foi maior e esse fato levou a um menor desempenho dos animais que receberam esta dieta. Esse menor desempenho está associado ao efeito que a gordura tem sobre a microbiota ruminal e o processo fermentativo, onde esses efeitos implicam na redução da ingestão de nutrientes bem como redução das digestibilidades destes, o que leva a uma menor disponibilidade de energia na forma de propionato e por fim menor desempenho (FERREIRA et al., 2020; FRANCISCO et al., 2019; PARENTE et al., 2020; SHI et al., 2020; VICENTE et al., 2020).

Os melhores balanços de nitrogênio das dietas com palma forrageira podem ser explicados pelas maiores ingestões de proteína dessas dietas e maiores retenções de N que resultaram em melhores desempenhos. Por outro, a dieta com gérmen e sem palma forrageira resultou em um baixo consumo de N e conseqüente baixo desempenho. A palma forrageira disponibiliza uma grande quantidade de energia através dos carboidratos não-fibrosos, proporcionando um sincronismo entre energia e proteína e dessa maneira aumenta o crescimento microbiano ruminal (ALVES et al., 2010; BARROS et al., 2018; SANTOS et al., 2022).

As dietas com palma forrageira resultaram em maior disponibilidade de glicose sanguínea, o que está correlacionado com a maior quantidade de carboidratos não fibrosos, que resulta no aumento da quantidade dos ácidos graxos voláteis proporcionado por essas dietas e uma maior convergência de propionato para a formação de glicose no fígado (Lins et al., 2016). Maciel et al. (2019) e Cardoso et al. (2019) também encontraram relação entre a inclusão de palma forrageira e o aumento da disponibilidade de glicose circulante.

Assim como outras variáveis nas dietas com palma forrageira também houve maior quantidade de cálcio e magnésio na corrente sanguínea, fato esse também encontrado por outros estudos (MACIEL et al., 2019; CARDOSO et al., 2019). Isso pode ter ocorrido em função da maior ingestão de minerais com a inclusão deste ingrediente (SILVA et al., 2023). A fosfatase alcalina mostrou-se bastante elevada com esses tratamentos, segundo Silva et al. (2023) o aumento da atividade dessa enzima pode ocorrer através de mecanismos ósseos ou renais, o que indica mobilização de minerais dos tecidos, em função da presença de oxalatos de cálcio.

A enzima GGT também se mostrou elevada nos tratamentos com palma forrageira, acima dos valores de referência situado entre 20-52 U/L⁻¹ (KANEKO et al., 2008), o que pode ser indício de problemas hepáticos como colestase. Entretanto, essas alterações enzimáticas não parecem ter comprometido o desempenho dos ovinos no presente experimento. A enzima ALT manteve-se dentro da faixa estabelecida como normal entre 26-34 U/L⁻¹ (KANEKO et al., 2008) o que segundo Silva et al. (2023) indica que não houve dano hepático.

A enzima AST que também indica o perfil hepático permaneceu dentro dos limites preconizados de 60-280 U/L⁻¹ (KANEKO et al., 2008), no entanto a inclusão de gérmen provocou uma atividade maior nos tratamentos com esse ingrediente. Segundo Nascimento et al. (2022) essa alteração pode estar relacionada ao nível de gordura dessas dietas, devido a metabolismo do extrato etéreo ocorrer no fígado.

O metabolismo proteico não sofreu impacto negativo da alta quantidade de gordura com a dieta contendo gérmen ficando ligeiramente acima da faixa preconizada, que Segundo Kaneko et al. (2008), o intervalo de referência definido de albumina para ovinos é de 2,29 a 2,86 mg/dL. Isso reflete que houve suprimento proteico adequado, apesar dos níveis de ureia se mostrarem levemente acima do recomendado por Kaneko et al. (2008) que 17,12 a 42,8mg/dL.

A utilização do gérmen proporcionou maiores quantidades de triglicerídeos na corrente sanguínea juntamente com as mais altas quantidades de colesterol. Possivelmente esse fato ocorreu em função da maior proporção de extrato etéreo desse ingrediente. Pois, com a inclusão de gérmen ocorre aumento da concentração de lipídeos no rúmen que podem ser biohidrogenados tornando-se saturados e outros que podem passar para o intestino delgado sendo absorvidos e aumentando a quantidade de triglicerídeos e colesterol no sangue (Silva et al., 2022). Segundo Vargas-Bello-Pérez et al. (2017) a elevação plasmática dos níveis de colesterol ocorre em resposta à altas quantidades de ácidos graxos polinsaturados na corrente sanguíneas. De acordo com Netto et al. (2022) o aumento do colesterol pode ser um ajuste fisiológico do incremento de colesterol para digestão, absorção e transporte de ácido graxo que chega ao intestino, o que explica também a elevação dos níveis de triglicerídeos.

A inclusão de palma forrageira associada ao milho ou gérmen ocasionou diminuição no nível de colesterol. Esse fato pode estar associado à presença de glicoproteína na composição de variedades de *Opuntia* que possuem características hipolipidêmicas por meio da eliminação de radicais intracelulares (PHIL-SUN; KYE-TAEK., 2006).

4. CONCLUSÕES

A utilização da palma forrageira, independente da fonte energética (milho ou gérmen integral extragordo de milho), melhora a utilização dos nutrientes da dieta e resulta em melhor desempenho dos animais. Porém a substituição do milho pelo gérmen integral extragordo de milho quando não associada a palma forrageira orelha de elefante mexicana não é recomendada. Pois, apesar de não alterar de maneira prejudicial os parâmetros bioquímicos isso resulta em pior desempenho.

5. REFERÊNCIAS

- ABO-ZEID, H. M. et al. Effects of replacing dietary maize grains with increasing levels of sugar beet pulp on rumen fermentation constituents and performance of growing buffalo calves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 128-138, 2017.
- ABUBAKR, A. R. et al. Digestibility, rumen protozoa, and ruminal fermentation in goats receiving dietary palm oil by-products. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 2, p. 147-154, 2013.
- ALVES, E. M. et al. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. **Pubvet**, v. 4, n. 20, 2010.
- AOAC, Official Methods of Analysis, Association of Analytical Chemists, 15th ed., 2000. Washington DC, USA.
- AOAC, Association of official analytical chemists., 2019. Official Methods of Analysis, 21ed, AOAC, Gaithersburg, MD.
- ARAUJO, C. M. et al. Inclusion of *Opuntia stricta* (Haw.) in sheep diets affects nutrition and the physicochemical characteristics of the rumen content. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. e20190271, 2020.
- BARROS, L. J. A. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical animal health and production**, v. 50, p. 149-154, 2018.
- BAYAR, N.; KRIAA, M.; KAMMOUN, R.. Extraction and characterization of three polysaccharides extracted from *Opuntia ficus indica* cladodes. **International journal of biological macromolecules**, v. 92, p. 441-450, 2016.
- BEHAN, A. A. et al. Effects of supplementation of rumen protected fats on rumen ecology and digestibility of nutrients in sheep. **Animals**, v. 9, n. 7, p. 400, 2019.
- BENHISSI, H.; HEREDIA, I. B.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, A. Apparent nutrient digestibility, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in sheep supplemented with different vegetable fats. **Animal Production Science**, v. 60, n. 6, p. 790-795, 2020.
- CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. 1992.

- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 980-984, 2010.
- DIAS, J. C. et al. Efeitos da suplementação lipídica no aumento da eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 33, n. 2, p. 95-104, 2009.
- FERREIRA, A. V. P. et al. Feedlot diets with soybean oil, selenium and vitamin E alters rumen metabolism and fatty acids content in steers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, p. 114362, 2020.
- FRANCISCO, A. E. et al. Relationship between rumen ciliate protozoa and biohydrogenation fatty acid profile in rumen and meat of lambs. **PLoS One**, v. 14, n. 9, p. e0221996, 2019.
- FREITAS, T. B. et al. Effects of increasing palm kernel cake inclusion in supplements fed to grazing lambs on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid profile. **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, p. 71-80, 2017.
- FUKUMOTO, N. M. et al. Consumo e digestibilidade da matéria seca de fenos de braquiária decumbens e amendoim forrageiro em ovinos estimados por meio de n-alcanos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 471-479, 2007.
- GALEANO, V. J. L. et al. Productive responses of dairy goats fed on diets containing elephant grass (*Pennisetum purpureum*) associated or not with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes, and extra-fat whole corn germ as a substitute for corn. **Small Ruminant Research**, v. 207, p. 106609, 2022.
- GALLO, S. B. et al. Influence of lamb finishing system on animal performance and meat quality. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 41, p. e44742, 2019.
- GAMA, M. A. S et al. Partially replacing sorghum silage with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes in a soybean oil-supplemented diet markedly increases trans-11 18: 1, cis-9, trans-11 CLA and 18: 2 n-6 contents in cow milk. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, n. 2, p. 232-246, 2021.
- GIORDANI JUNIOR, R. et al. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.
- IBRAHIM, N. A. et al. Effects of vegetable oil supplementation on rumen fermentation and microbial population in ruminant: A review. **Tropical animal health and production**, v. 53, p. 1-11, 2021.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal feed science and technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LINS, S. E. B. et al. Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 1, p. 26-31, 2016.

- MACIEL, L. P. A. A. et al. Intake, digestibility and metabolism in sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, p. 1717-1723, 2019.
- MEDEIROS, I. P. S et al. Cactus Cladodes and Sugarcane Bagasse Can Partially Replace Earless Corn Silage in Diets of Lactating Dairy Cows. **Dairy**, v. 5, n. 1, p. 33-43, 2023.
- MENEZES, B. M. et al. Carcass and meat characteristics of Dorper x Santa Ines lambs finished in pasture, silvopastoral system, and feedlot. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6SUPL2, p. 4039-4058, 2021.
- MERTENS, D. R et al. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: **Collaborative study Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.
- MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v. 59, n. 3, p. 479-485, 2019.
- MORAES, G. S. O. et al. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?. **Livestock Science**, v. 221, p. 133-138, 2019.
- MOREAU, R. A.; JOHNSTON, D. B.; HICKS, K. B. The influence of moisture content and cooking on the screw pressing and prepressing of corn oil from corn germ. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 82, n. 11, p. 851-854, 2005.
- MIR, P. S.; MEARS, G. L.; MIR, Z. Vegetable oil in beef cattle diets. **Advances in beef cattle science. Lethbridge: LETHBRIDGE RESEARCH CENTRE**, v. 1, p. 88-104, 2001.
- NASCIMENTO, C. O. et al. Whole corn germ as an energy source in the feeding of feedlot lambs: metabolic and productive performance. **Animals**, v. 12, n. 10, p. 1261, 2022.
- NETTO, A. J. et al. Replacing corn with full-fat corn germ in a basal diet containing cactus (*Opuntia stricta*) cladodes and sugarcane as forage sources induces milk fat depression associated with the trans-10 shift in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 288, p. 115289, 2022.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US). COMMITTEE ON NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. 362p, 2007.
- OLIVEIRA, J. P. F. et al. Spineless cactus as a replacement for sugarcane in the diets of finishing lambs. **Tropical animal health and production**, v. 49, p. 139-144, 2017.
- PARENTE, M. O. M. et al. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. **Meat science**, v. 160, p. 107971, 2020.
- Phil-Sun, O. H.; LIM, Kye-Taek, L.I.M. Glycoprotein (90 kDa) isolated from *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* M AKINO lowers plasma lipid level through scavenging of intracellular radicals in triton WR-1339-induced mice. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 29, n. 7, p. 1391-1396, 2006.
- REZENDE, F. M. et al. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorghum silage in sheep diet. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1875-1880, 2020.

- SANTOS, D. S. et al. Sugarcane replaced by cactus cladodes improves the ruminal dynamics of sheep. **Small Ruminant Research**, v. 209, p. 106649, 2022.
- 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, n. 1, p. 89-113, 2020.
- SENGER, C. C. D et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal feed science and technology**, v. 146, n. 1-2, p. 169-174, 2008.
- SHI, L. et al. Moderate coconut oil supplement ameliorates growth performance and ruminal fermentation in Hainan black goat kids. **Frontiers in veterinary science**, v. 7, p. 622259, 2020.
- 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.
- SILVA, M. P. et al. Nutritional and mineral composition of *Opuntia stricta* Haw: Balance of macrominerals, renal function and blood metabolites in sheep. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, p. 333-346, 2023.
- SILVA, T. G. P. et al. Blood biochemical parameters of lambs fed diets containing cactus cladodes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, p. 48-60, 2023.
- SILVA, D. G. et al. Zootechnical performance of Dorper x Santa Inês lambs raised in different production systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, p. e03153, 2023.
- SIQUEIRA, M. C. B. et al. Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 13-22, 2018.
- VAN BAALE, M. J. et al. Effect of forage or grain diets with or without monensin on ruminal persistence and fecal *Escherichia coli* O157: H7 in cattle. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 9, p. 5336-5342, 2004.
- VAN SOEST, P. J; ROBERTSON, J. S. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VARGAS-BELLO-PÉREZ, E. et al. Transport of fatty acids within plasma lipoproteins in lactating and non-lactating cows fed on fish oil and hydrogenated palm oil. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 101, n. 2, p. 369-377, 2017.
- VICENTE, J. et al. Dietary addition of soybean oil on performance, rumen fermentation and meat quality of finishing lambs. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science**, v. 69, n. 4, p. 203-209, 2020.
- WEBB, E. C. et al. Effects of palm oil supplementation and fibrolytic enzymes in high forage diets on growth, carcass characteristics and fatty acid profiles of lambs. **Small Ruminant Research**, v. 210, p. 106652, 2022.
- WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: **Proceedings**. 1999.
- YANG, S. L. et al. Soybean oil and linseed oil supplementation affect profiles of ruminal microorganisms in dairy cows. **Animal**, v. 3, n. 11, p. 1562-1569, 2009.

CAPÍTULO 2

Gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não à palma forrageira sobre as características de carcaça, rendimento de cortes comerciais, componentes não-carcaça e perfil de ácidos graxos de ovinos de corte

RESUMO

Este estudo avaliou os efeitos da substituição total do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho (GIEM) associado ou não à palma forrageira sobre o consumo de alimentos, desempenho, balanço de nitrogênio e metabólitos sanguíneos de ovinos. Foram utilizados 40 ovinos da raça Santa Inês, machos inteiros, com quatro meses de idade e peso corporal médio inicial de $22,17 \pm 1,71$ Kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em quatro tratamentos: milho moído (MI); milho moído + palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) (MIPF); gérmen de milho integral extra gordo (GIEM) e gérmen de milho integral extra gordo + palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) (GIEM+PF). Os efeitos dos tratamentos foram analisados por meio dos contrastes ortogonais. A inclusão de palma forrageira proporcionou maiores rendimentos de carcaça quente, carcaça fria e medidas de carcaça. A dieta com gérmen e sem palma forrageira proporcionou menor desempenho e características de carcaça e melhorou o perfil de ácido graxo. O gérmen deve apenas substituir o milho quando associado com a palma forrageira. Recomenda-se o uso de palma forrageira em dietas para ovinos em crescimento quando se utiliza o gérmen integral extra gordo de milho em níveis altos porque proporciona melhora as características e rendimentos de carcaça.

Palavras-chave: *Opuntia*, cordeiro, desempenho, consumo.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of total replacement of corn by full-fat corn germ (FFCG) associated or not with forage cactus (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) on feed intake, performance, nitrogen balance and blood metabolites of sheep. Forty Santa Ines sheep, uncastrated males, four months old and with an average initial body weight of 22.17 ± 1.71 kg, were used. They were distributed in a completely randomized design into four treatments: ground corn (GC); ground corn + Forage cactus (GC+FC); full-fat corn germ (FFCG); and full-fat corn germ + Forage cactus (FFCG+FC). FFCG was used at levels of 0 and 10% of dry matter to replace corn. The effect of treatments was analyzed by means of orthogonal contrasts. The effect of the treatments was analyzed by means of orthogonal contrasts. The inclusion of cactus provided higher hot carcass yields, cold carcass yields and carcass measurements. The diet with germ and without cactus provided lower performance and carcass characteristics and improved the fatty acid profile. The germ should only replace corn when associated with cactus forage. The use of cactus forage in diets for growing lambs is recommended when using extra-fat full-fat corn germ at high levels because it provides improved carcass characteristics and yields.

Keywords: *Opuntia*, lamb, performance, consumption.

1. INTRODUÇÃO

A prática do confinamento preconiza períodos curtos, alimentos de boa qualidade e animais que respondam com boas taxas de ganho de peso. Além disso, uma forma de atenuar os custos com a alimentação, que podem variar de 50 até 70% dos custos produtivos (BORGHI et al., 2016; GIORDANI JUNIOR et al., 2014; LIMA et al., 2017; Santos et al., 2020), é a utilização de coprodutos ou subprodutos da agroindústria em substituição de alguns ingredientes. O principal ingrediente a ser substituído nas dietas de confinamento é o milho grão que tem alta participação tanto no concentrado quanto na dieta total de animais confinados (LANDIM., 2022; PAZDIORA et al., 2021; STURION., 2023; VARGAS et al., 2020).

Um coproduto com potencial para substituir total ou parcialmente o milho é o gérmen integral extra gordo de milho (GIEM), visto que possui um elevado teor lipídico, o que eleva a densidade energética das rações. Segundo Miotto et al. (2009), o gérmen compõe aproximadamente 13% do grão de milho e contém a maior parte da fração lipídica e mineral deste. Além de ser fonte de energia, os lipídeos colaboram para não aumentar o incremento calórico e podem resultar na produção de carne de melhor qualidade.

O gérmen integral extra gordo de milho apresenta alta quantidade de extrato etéreo em sua composição com valor médio 481 g/kg de matéria seca (MS) (Galeano et al., 2022; Netto et al., 2022; Medeiros et al., 2024; Silva et al., 2022) sendo muito superior ao grão de milho que possui em média 46 g/kg de MS de extrato etéreo (Andrade et al., 2024; Morais et al., 2023; Keim et al., 2022; Sousa et al., 2022) tornando-se um potencial substituto do grão inteiro de milho pelo gérmen integral extra gordo, dado seu maior aporte energético e, especialmente, nas épocas de maior temperatura por induzir menor produção de calor por parte do organismo animal.

Apesar da grande quantidade de energia liberada durante sua digestão, existem fatores que limitam a sua inclusão em dietas de ruminantes. Ainda que os lipídeos forneçam um elevado aporte energético, alguns estudos têm demonstrado que a inclusão de aproximadamente 5% de extrato etéreo na dieta pode ter efeitos negativos sobre a microbiota ruminal, além de reduzir a ingestão e a digestão de nutrientes (ABUBAKR et al., 2013; YANG et al., 2009; IBRAHIM, 2021). Contudo, essa toxicidade está relacionada ao nível de insaturação da gordura utilizada.

Em busca de contornar os efeitos deletérios da gordura sobre o ambiente ruminal Gama et al. (2021) estudaram a inclusão de palma forrageira em dietas para vacas leiteiras suplementadas com óleo de soja e observaram aumento da passagem de ácidos graxos insaturados para o leite, demonstrando que este alimento tem potencial para promover a bio-hidrogenação incompleta da fonte de gordura. Ainda segundo os mesmos autores, a atuação da palma forrageira no ambiente ruminal está relacionada a mucilagem, pectina e numerosos compostos fenólicos presentes em seus cladódios, que podem modular a composição da microbiota ruminal e/ou a dinâmica das partículas no rúmen.

Além de atuar sobre o perfil de ácidos graxos provenientes do rúmen a palma forrageira pode melhorar a qualidade nutricional das dietas fornecidas aos ovinos. Segundo alguns estudos esta cultivar apresenta boas quantidades de carboidratos totais e carboidratos não-fibrosos (PESSOA et al., 2020; REZENDE et al., 2020)

Diante do exposto, hipotetizou-se que dietas contendo o gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho, associado ou não a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana melhora as características de carcaça, rendimento de cortes comerciais, componentes não-carcaça e perfil de ácidos graxos de ovinos em terminação. Objetivou-se avaliar a substituição total do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho associado ou

não com a palma forrageira sobre o desempenho, características de carcaça, rendimentos de cortes comerciais de ovinos e perfil de ácidos graxos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no setor de caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), região metropolitana do Recife, PE, situada sob as coordenadas geográficas de 8°04'03''S e 34°55'00''W. Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética do Uso de Animais (CEUA/UFRPE), sob a licença de número 4992250221.

2.2. ANIMAIS E DESENHO EXPERIMENTAL

Foram utilizados 40 ovinos Santa Inês, machos não castrados, com aproximadamente quatro meses de idade e peso médio inicial de $22,17 \pm 1,71$ Kg. Antes do início do período de adaptação experimental, todos os animais foram identificados e submetidos ao controle de endoparasitas com uso de anti-helmínticos utilizando-se Toltrazuril 5% (ISOCOX[®], Ourofino saúde animal) e Ivermectina 1% (IVOMEC[®], Boehringer Ingelheim) e vacinados contra clostridioses usando-se vacina polivalente (Poli-Star, Vallée, MSD Saúde Animal Brasil) e posteriormente tratados com Albendazol + Cobalto (Endazol 10% Co, Hipra Saúde Animal, Porto Alegre - Rio Grande do Sul, Brasil). A área experimental destinada aos animais foi constituída de baias individuais, com dimensões de 1,0 m x 1,2 m, providos de bebedouros e comedouros, dispostas em aprisco coberto.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com período experimental de 75 dias, sendo os 15 primeiros dias destinados à adaptação dos animais às instalações, às dietas e ao manejo. Os animais foram distribuídos casualmente em quatro tratamentos e dez repetições, sendo o peso inicial utilizado como covariável.

2.3. DIETAS EXPERIMENTAIS E MANEJO DA ALIMENTAÇÃO

As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, compostas da seguinte forma: feno de tifton + milho moído = (FM); feno de tifton + milho moído + palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) (FMP); feno de tifton + gérmen de milho integral extra gordo (FG) e feno de tifton + gérmen de milho integral extra gordo + palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw) (FGP). O GIEM

foi utilizado nos níveis de 0 e 10% da matéria seca em substituição ao milho moído nas dietas experimentais. As rações foram calculadas para atender ganhos de peso de 200 g/dia (NRC, 2007). As composições dos ingredientes e dietas estão apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição química e perfil de ácidos graxos dos ingredientes

Item	Feno de tifton	POEM4	Milho moído	GIEM ⁵	Farelo de soja	Farelo de trigo	Sal mineral	Ureia
MS ¹	904.50	91.70	887.50	969.30	887.50	892.3	999.90	978.80
MM ²	67.80	134.10	15.50	11.90	65.50	68.30	999.90	-
MO ²	932.20	865.90	984.50	988.10	934.50	931.70	0.10	-
PB ²	61.60	108.90	83.20	130.70	490.50	166.50	-	265.00
EE ²	9.50	15.90	31.20	480.80	15.10	21.80	-	-
FDNcp ^{2,3}	680.80	215.30	145.20	240.00	102.30	425.60	-	-
CNF ^{2,6}	85.90	448.20	749.20	148.50	274.70	323.20	-	-
<i>Ácidos graxos (g/100g AG totais)</i>								
C14:0	1.31	2.93	nd	0.04	0.00	0.25	-	-
C16:0	38.30	31.42	15.75	13.69	20.66	16.94	-	-
C16:1c9	nd	1.34	0.14	0.12	0.00	0.18	-	-
C17:0	2.93	1.78	0.15	0.09	0.44	0.37	-	-
C18:0	12.03	8.92	2.84	2.14	4.74	2.86	-	-
C18:1c9	14.96	14.17	29.98	37.80	14.38	19.88	-	-
C18:1c11	1.29	0.69	0.61	0.51	1.53	0.87	-	-
C18:2n6	12.45	20.96	48.28	43.91	52.68	53.91	-	-
C20:0	2.35	1.57	0.47	0.47	0.28	0.20	-	-
C18:3n3	9.39	9.94	1.27	0.90	4.75	3.83	-	-
C22:0	2.13	3.07	0.20	0.14	0.28	0.37	-	-
C24:0	2.86	3.21	0.30	0.19	0.26	0.34	-	-

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos. MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos. 2Nutrientes/kg do produto: Cálcio (Ca) = 140g; Fósforo (P) = 70g; Magnésio (Mg) = 1.320mg; Ferro (Fe) = 2.200mg; Cobalto (Co) = 140mg; Manganês (Mn) = 3.690mg; Zinco (Zn) = 4.700mg; Iodo (I) = 61mg; Selênio (Se) = 45mg; Enxofre (S) = 12g; Sódio (Na) = 148g; Flúor (F) = 700mg.

¹ Com base na matéria natural;

² Com base na matéria seca;

³ Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína;

⁴ Palma forrageira orelha de elefante mexicana;

⁵ Gérmen integral extra gordo de milho

⁶ Carboidratos não-fibrosos

Tabela 2. Participação dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes	Tratamentos (g/kg de matéria seca)			
	Milho	Milho + Palma forrageira	GIEM	GIEM + Palma forrageira
Feno de Tifton	592.50	300.00	592.50	300.00
Palma forrageira OEM ¹	0.00	297.50	0.00	297.5.00
GIEM ²	0.00	0.00	100.00	100.00
Milho	100.00	100.00	0.00	0.00
Farelo de trigo	160.00	160.00	160.00	160.00
Farelo de soja	120.00	120.00	120.00	120.00
Ureia + flor de enxofre	7.50	2.50	7.50	2.50
Sal mineral	20.00	20.00	20.00	20.00
<i>Composição química (g/kg MS)</i>				
Matéria seca	901.10	248.50	908.80	249.10
Matéria mineral	62.50	89.60	69.20	8.90
Proteína bruta	149.60	150.80	154.40	155.50
Extrato etéreo	14.00	16.00	59.00	61.00
FDN _{cp}	498.30	363.20	507.70	372.70
Carboidratos não fibrosos	320.00	429.90	254.10	371.10
<i>Perfil de ácidos graxos (g/100 g de AG totais)</i>				
C14:0	0.80	1.30	0.80	1.30
C16:0	29.50	27.60	29.30	27.40
C16:1c9	0.04	0.44	0.04	0.44
C17:0	3.80	3.48	3.80	3.47
C18:0	8.44	7.57	8.37	7.50
C18:1c9	16.77	16.61	17.55	17.39
C18:1c11	1.15	0.98	1.14	0.97
C18:2n6	27.15	29.74	26.71	29.31
C20:0	1.51	1.29	1.51	1.29
C18:3n3	6.87	7.08	6.84	7.05
C22:0	1.38	1.67	1.37	1.66
C24:0	1.81	1.93	1.80	1.92

¹ Palma forrageira orelha de elefante mexicana; ² Gérmen integral extra gordo de milho

2.4. CONSUMO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas e o fornecimento de água foi *ad libitum*. A quantidade fornecida foi ajustada diariamente, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de 15%. A quantidade de alimentos ofertados e as sobras foram pesadas diariamente e, posteriormente analisados para determinação da concentração de matéria seca (MS; método AOAC 934.01), matéria mineral (MM; método AOAC 942.05), proteína bruta (PB; método AOAC 954.01), extrato etéreo (EE; método AOAC 920.39) e lignina (método AOAC 973.18) conforme descrito pela AOAC (2019). A

fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme Van Soest et al. (1991), com adição de enzima α -amilase termoestável, segundo recomendações descritas por Mertens (2002) e usando o equipamento autoclave conforme Senger et al. (2008). O resíduo da FDN foi corrigido para cinzas (FDNc) por meio de incineração em mufla (600 °C durante quatro horas) e a correção da PB foi obtida pela subtração da proteína insolúvel na fibra em detergente neutro (FDNp), segundo metodologia descrita por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Posteriormente, a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp) foi obtida pela equação proposta por Detmann e Valadares Filho (2010): $FDNcp \text{ (g/kg MS)} = FDN - (FDNc + FDNp)$.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com Sniffen et al. (1992), com modificações de Detmann e Valadares Filho (2010), quanto ao uso da FDNcp: quando não utilizou ureia $CNF \text{ (g/kg MS)} = 1000 - MM - EE - FDNcp - PB$ e quando a ureia foi utilizada $CNF \text{ (g/kg MS)} = 1000 - MM - EE - FDNcp - (PB - PBu + U)$, em que: CPu = teor de PB oriunda da ureia e U = teor de ureia.

O consumo voluntário foi obtido pela diferença entre a concentração de MS e nutrientes ofertada e a concentração nas sobras. Para estimativa do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), foi adotada a equação descrita por Weiss (1999), em que $NDT \text{ g/kg} = (PBd + FDNcpd + CNFd + EEd * 2,25)$, onde: PBd = proteína bruta digestível, FDNcpD = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína digestível, CNFd = carboidrato não fibroso digestível e EEd = extrato etéreo digestível.

2.5. PROCEDIMENTOS DE ABATE E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

Ao final do período experimental que teve duração de 60 dias, os animais foram submetidos a uma dieta hídrica de 8 horas e jejum de sólidos por 16 horas a fim de realizar-se o abate, seguindo as normas do RIISPOA (Brasil, 2000). Imediatamente antes ao abate, foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA), para mensuração das perdas de peso ocorridas pelo jejum (PJ%), através da fórmula $PJ \text{ (\%)} = PCF - PCA/PCA \times 100$. Após a obtenção do PCA, os animais foram insensibilizados com pistola de dardo cativo (Ctrade®, Tec 10 PP), acionada por cartucho de explosão, seguida de sangria por cisão nas artérias carótidas e veias jugulares (Brasil, 2000) e suspensos pelos membros posteriores, sendo presos em ganchos. O sangue foi recolhido, pesado em balde devidamente tarado e identificado e, após a sangria, foi realizada a esfola manual e evisceração de acordo com Cezar e Sousa (2007).

Seguida da esfola e evisceração, foram retiradas cabeça (secção na articulação atlanto-occipital), patas (secção nas articulações carpo e tarso-metatarsianas) e cauda para a determinação do peso da carcaça quente (PCQ). Posteriormente, a vesícula biliar, a bexiga e o TGI (rúmen/retículo, omaso, abomaso, intestinos delgado e grosso) foram pesados cheios e, em seguida, esvaziados, lavados e novamente pesados, para determinação do peso do corpo vazio (PCVZ), obtido pela soma dos pesos do TGI, vesícula biliar, bexiga, cabeça, carcaça, couro, cauda, patas e sangue subtraídos dos pesos dos conteúdos do trato gastrintestinal (CTGI), bexiga e vesícula biliar Cezar e Sousa (2007).

As carcaças quentes foram conduzidas à câmara fria com temperatura média de 4°C, onde permaneceram por 24 horas, suspensas em ganchos pelo tendão do músculo *Gastrocnêmio* e, após este período de resfriamento, foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). Para avaliação de pH e a temperatura da carcaça foram realizadas leituras às (0 e 24 h) *post mortem*, no músculo *semimembranoso*, com o auxílio de pHmetro de inserção (Testo, Instrument Co. LTD., Alemanha (Cardoso et al., 2021), que foi calibrado antes do uso em soluções pH 7,0 e 4,0, de acordo com os padrões do fabricante. Já as perdas por resfriamento (PR %) foram quantificadas através da fórmula: $(\%) PR = (PCQ - PCF/PCQ) \times 100$. O rendimento biológico ou verdadeiro, rendimento da carcaça quente e rendimento da carcaça fria foram determinados pelas seguintes fórmulas: $\%RV = PCQ/PCVZ \times 100$, $\%RCQ = PCQ/PCA \times 100$ e $\%RCF = PCF/PCA \times 100$, respectivamente.

Ainda suspensas, com auxílio de fita métrica e compasso, foram realizadas as seguintes medidas morfométricas nas carcaças: comprimento interno da carcaça (CIC), distância máxima entre o bordo anterior da sínfise ísquio-pubiana e o bordo anterior da primeira costela em seu ponto médio; comprimento externo da carcaça (CEC), medida que inicia na base do pescoço e termina na base da cauda; comprimento da perna (CP), distância entre o períneo e o bordo anterior da superfície tarso metatarsiana, na face interna da perna; perímetro do tórax (PT), medida tomada em torno da superfície externa do tórax; perímetro da garupa (PG), medida da superfície externa da garupa; profundidade do tórax (Pr.T), distância máxima entre o esterno e o dorso a nível da sexta vértebra torácica; largura do tórax (LT), distância máxima entre as costelas e largura da garupa (LG), largura máxima entre os trocânteres de ambos os fêmures segundo descrito por Cezar e Sousa (2007).

A partir do estabelecimento das relações entre as medidas peso da carcaça fria, comprimento interno da carcaça, largura da garupa e comprimento da perna foram calculados os índices de compactidade da carcaça $(ICC \text{ (kg/cm)} = \text{Peso de carcaça fria/comprimento}$

interno da carcaça); e o índice de compacidade da perna (ICP (cm/cm) = Largura da garupa/comprimento da perna), segundo descrito por Cezar e Sousa (2007). Além disso, foi determinada, subjetivamente, a conformação da carcaça, atribuindo-se nota de 1 (ruim) a 5 (excelente); acabamento com nota de 1 (gordura ausente) a 5 (gordura excessiva) com escala de 0,5; e a quantidade de gordura pélvico-renal atribuindo nota de 1 a 3, onde 1 é classificada em pouca, 2 é normal e 3 em muita gordura segundo descrito por Cezar e Sousa (2007).

Após o período de resfriamento, cada carcaça foi dividida sagitalmente e as meias carcaças foram seccionadas em seis regiões anatômicas que constituem os cortes cárneos, segundo metodologia adaptada de Cezar e Sousa (2007), os quais foram obtidos do seguinte modo: pescoço, que constitui a região compreendida entre a 1ª e 7ª vértebras cervicais; paleta, região obtida pela desarticulação da escápula, úmero, rádio, ulna e carpo; costilhar, que compreende a seção entre a 1ª e 13ª vértebra torácicas, que foi dividida ao meio com um corte transversal, subdividindo-a em costela superior e costela inferior, que incluiu o esterno; lombo, região entre a 1ª e 6ª vértebras lombares; perna, parte obtida pela secção entre a última vértebra lombar e a primeira sacra, sendo considerada a base óssea do tarso, tibia, fêmur, ísquio, fíio, púbis, vértebras sacras e as duas primeiras vértebras coccídeas; e serrote ou baixo, obtido pelo corte em linha reta, iniciando-se no flanco até a extremidade cranial do manúbrio do esterno. A determinação da composição regional relativa da carcaça foi realizada através do cálculo relativo de cada corte pelo peso reconstituído da meia carcaça esquerda. O percentual do peso relativo de cada corte foi calculado pela seguinte fórmula: Corte (%) = (peso do corte/peso da meia carcaça reconstituída) x 100, segundo descrito por Cezar e Sousa (2007).

Para obtenção da área de olho de lombo (AOL) na meia carcaça esquerda, foi realizado um corte transversal entre a 12ª e 13ª costela para exposição do músculo *Longissimus lumborum* (LL), cuja área foi tracejada, com o uso de marcador permanente, com ponta média de 2,0 mm, sobre uma película plástica transparente de PVC (Maxprint, São Paulo, Brasil), conforme proposto por Costa et al. (2012). Em seguida a folha foi digitalizada em impressora (Epson EcoTank L3150) e a área do pixel foi transformada em centímetro quadrado (cm²), com o auxílio do software ImageJ® (SCHINDELIN et al., 2012, 2015). A espessura de gordura subcutânea do lombo (EG) foi mensurada com auxílio de paquímetro no músculo *L. lumborum*, obtida a ¾ de distância do lado medial do músculo segundo metodologia descrita por Cezar e Sousa (2007).

2.6 ANÁLISE DE ÁCIDOS GRAXOS

O músculo *longissimus lumborum* (LL) esquerdo, liofilizado de cada animal destinado para a análise de ácidos graxos. Os ésteres metílicos de ácidos graxos dos lipídios dos alimentos e da carne foram processados através de uma etapa de extração usando HCl 1,25 N em metanol e 19:0 como padrão interno (Sukhija & Palmquist, 1988). O músculo liofilizado foi transesterificado em ésteres metílicos de ácidos graxos utilizando um básico combinado seguido de catálise ácida como descrito por Oliveira et al. (2016). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à detecção de ionização por chama (GC-FID; Shimadzu GC-2010 Plus, Japão) utilizando para tal uma coluna capilar 100% de cianopropil polisiloxano (SP 2560; 100m, 0,25 mm i.d. e espessura de filme de 0,20 μ m; Supelco Inc., Bellefonte, PA).

A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi obtida por meio comparação dos tempos de retenção com os padrões autênticos (37 Component FAME Mix da Supelco Inc.) e com os cromatogramas publicados (Alves et al., 2013). Além disso, a identificação de ésteres metílicos de ácidos graxos, foi confirmada por cromatografia em fase gasosa - espectrometria de massa (GC-MS) usando um cromatógrafo GC-MS QP 2010 Plus (Shimadzu Corp.). As condições cromatográficas para GC-FID foram as seguintes: as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 220 °C e 250 °C, respectivamente; a temperatura inicial do forno de 50° C foi mantida por 1 min, elevada a 50° C / min para 150 °C e mantida por 20 min, elevada a 1 °C/min a 190 °C e depois elevada a 2° C / min a 220 °C e mantida por 30 min.

Utilizou-se o gás Hélio como gás de arraste a uma vazão de 1 mL/min e foi injetado 1 μ L de amostra e a razão de divisão foi de 50:1. A coluna capilar GC-MS e as condições do GC foram semelhantes à análise GC-FID; as condições de MS foram as seguintes: temperatura da fonte de íons a 200 °C; Temperatura de interface de 240 °C; Tensão de emissão de 70 eV.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de Barlett para verificar a homocedasticidade dos dados e ao teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Uma vez que as premissas da análise de variância foram atendidas, foi aplicado o seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, Em que: Y_{ij} = valor observado da

variável dependente; μ = média geral; A_i = efeito fixo da fonte de energia; B_j =efeito fixo do fator palma forrageira; AB_{ij} = efeito da interação; ϵ_{ijk} =erro experimental.

Os dados foram analisados utilizando o procedimento GLM do SAS (versão 9.4; SAS Inst., Inc, NC, USA) de acordo com o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de energia e com ou sem palma forrageira). Foram consideradas diferenças significativas para $P < 0,05$. Quando houve interação significativa, foi usado o teste de Tukey para múltiplas comparações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

Houve interação entre a palma forrageira e a fonte energética ($P < 0,05$; Tabela 3) para peso de corpo vazio (PCVZ), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), perdas por resfriamento (PR) e conformação (CONF).

As dietas que continham palma forrageira, independentemente da fonte energética utilizada, resultaram em maiores pesos de corpo vazio (PCVZ), pesos de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF) e rendimento de carcaça quente (RCQ). A dieta com gérmen sem palma apresentou PCVZ, PCQ, PCF e CONF inferiores em comparação às dietas que continha milho sem palma ($P < 0,05$; Tabela 4).

As dietas que continham palma forrageira, proporcionaram menor conteúdo do trato gastrointestinal (CTGI) e maiores rendimento de carcaça quente (RCF), rendimento biológico (RB), espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL), melhor acabamento (ACAB) e mais gordura perirrenal (GORP) ($P < 0,05$; Tabela 3). Nas dietas que continham gérmen observou-se menor AOL.

Tabela 3. Características de carcaça de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)			P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen	SEM	P	FE	P*FE
CTGI kg	5,69b	6,98a	6,58a	5,69a	0,18	<0,0001	0,0669	0,3280
PCVZ kg	28,17a	22,57b	25,53a	25,21a	0,36	<0,0001	0,5415	0,0002
PCQ kg	16,84a	12,73b	14,93a	14,65a	0,26	<0,0001	0,4509	0,0013
PCF kg	16,63a	12,04b	14,45a	14,22a	0,19	<0,0001	0,4081	0,0001
RCQ%	48,26a	43,81b	45,92a	46,15a	0,52	<0,0001	0,7513	0,0359
RCF%	46,95a	41,42b	44,26a	44,10a	0,42	<0,0001	0,7995	0,2855
RB%	59,76a	56,42b	58,35a	57,83a	0,63	0,0006	0,5654	0,7037
PR%	3,77b	4,37a	3,97a	4,17a	0,13	0,0034	0,2975	0,0401
EGS mm	1,22a	1,07b	1,13a	1,15a	0,05	0,0308	0,7647	0,0962
AOL cm ²	12,79a	10,42b	12,30a	10,91b	0,34	<0,0001	0,0063	0,1146
pH0	7,47a	7,54a	7,48a	7,52a	0,05	0,2694	0,5883	0,3515
pH24	6,12a	6,08a	6,11a	6,09a	0,02	0,3890	0,6502	0,0998
CONF	2,71a	1,96b	2,40a	2,28a	0,08	<0,0001	0,2925	0,0025
ACAB	2,94a	2,14b	2,65a	2,42a	0,10	<0,0001	0,0612	0,1822
GORP	2,80a	1,95b	2,29a	2,47a	0,08	<0,0001	0,1203	0,7520

CTGT=conteúdo do trato gastrointestinal; PCVZ=peso de corpo vazio; PCQ=peso de carcaça quente; PCF= peso de carcaça fria; RCQ=rendimento de carcaça quente; RCF=rendimento de carcaça fria; RB=rendimento biológico; PR=perda por resfriamento; EGS=espessura de gordura subcutânea; AOL=área de olho de lombo; pH=potencial hidrogeniônico; CONF=conformação; ACAB=acabamento; GORDP=gordura perirrenal.

Tabela 4 – Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para características de carcaça de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
		PCVZ kg
Gérmen	29,07Aa	21,36Bb
Milho	27,28Aa	23,78Ba
		PCQ kg
Gérmen	17,33Aa	11,96Bb
Milho	16,34Aa	13,51Ba
		PCF kg
Gérmen	17,11Aa	11,34Bb
Milho	16,16Aa	12,75Ba
		RCQ%
Gérmen	49,18Aa	43,13Ba
Milho	47,35Aa	44,49Ba
		PR%
Gérmen	3,67Ba	4,67Aa
Milho	3,87Aa	4,07Aa
		CONF
Gérmen	2,84Aa	1,72Bb
Milho	2,59Aa	2,21Aa

PCVZ=peso de corpo vazio; PCQ=peso de carcaça quente; PCF= peso de carcaça fria; RCQ=rendimento de carcaça quente; PR=perda por resfriamento; CONF=conformação.

Houve interação entre a palma forrageira e a fonte energética ($P < 0,05$; Tabela 5) para os pesos de paleta, costelas e pernil.

Tabela (5) Peso e rendimento de cortes comerciais de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma orelha de elefante mexicana

variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)			P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen	SEM	P	FE	P*FE
Peso – kg								
Paleta	1,57a	1,20b	1,41a	1,37a	0,02	<0,0001	0,2469	0,0109
Pescoço	0,72a	0,53b	0,63a	0,61a	0,02	<0,0001	0,3022	0,2534
Costelas	1,60a	1,06b	1,36a	1,30a	0,02	<0,0001	0,0922	0,0005
Serrote	0,59a	0,48b	0,54a	0,53a	0,01	<0,0001	0,3452	0,0934
Lombo	0,83a	0,57b	0,71a	0,69a	0,02	<0,0001	0,6179	0,3642
Pernil	2,59a	1,99b	2,33a	2,25a	0,04	<0,0001	0,1664	0,0010
Rendimentos %								
Paleta	19,36a	20,39a	20,09a	20,26a	0,21	0,1548	0,5714	0,6873
Pescoço	9,08a	9,12a	9,16a	9,04a	0,21	0,9009	0,6941	0,4392
Costelas	20,21a	18,13b	19,44a	18,90a	0,22	<0,0001	0,0906	0,0877
Serrote	7,40b	8,19a	7,90a	7,69a	0,15	0,0006	0,3300	0,9290
Lombo	10,55a	9,83b	10,11a	10,27a	0,19	0,0095	0,5678	0,3252
Pernil	32,59b	34,01a	33,28a	33,32a	0,28	0,0011	0,9075	0,5216

Tabela 6 – Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para peso de cortes comerciais de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
Gérmen Milho	1,60Aa 1,55Aa	Paleta 1,13Bb 1,27Ba
		Costelas 0,97Bb 1,15Ba
Gérmen Milho	2,65Aa 2,53Aa	Pernil 1,86Bb 2,13Ba

As dietas que continham palma, independentemente da fonte energética utilizada, resultaram em maiores pesos de paleta, costelas e pernil. A dieta com gérmen sem palma apresentou pesos de paleta, costelas e pernil inferiores a dietas com milho sem palma ($P < 0,05$; Tabela 6).

As dietas que incluíam palma forrageira resultaram em maiores pesos de pescoço, serrote e maiores rendimentos de costelas e lombo. No entanto, dietas que continham palma, ocasionaram menores rendimentos de serrote e pernil ($P < 0,05$; Tabela 5). Houve interação

entre a palma forrageira e a fonte energética ($P < 0,05$; Tabela 7) para as medidas de largura do tórax, perímetro da garupa, perímetro do tórax e índice de compacidade da carcaça.

As dietas que continham palma forrageira, independentemente da fonte energética utilizada resultaram em medidas superiores de largura em relação as dietas sem palma para as medidas de largura do tórax, perímetro da garupa, perímetro do tórax e índice de compacidade da carcaça. Entre as dietas sem palma a dieta que continha gérmen resultou em menor medida de perímetro torácico e índice de compacidade da carcaça ($P < 0,05$; Tabela 8).

Tabela (7) Morfometria da carcaça de ovinos de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)		SEM	P	P-valor	
	Com	Sem	Milho	Gérmen			FE	P*FE
CEC – cm	60,15a	56,10b	57,99a	58,26a	0,46	<0,0001	0,6865	0,2608
CIC – cm	64,10a	59,90b	62,42a	61,58a	0,45	<0,0001	0,2082	0,3630
L. Tórax - cm	21,75a	20,32b	21,15a	20,93a	0,29	0,0015	0,6092	0,0134
Per. Garupa - cm	65,00a	59,80b	62,80a	62,00a	0,47	<0,0001	0,2430	0,0356
L. Garupa - cm	22,70a	21,73b	22,24a	22,19a	0,23	0,0059	0,8901	0,1268
C. Perna - cm	41,82a	39,90b	41,30a	40,42a	0,46	0,0049	0,1850	0,8415
Per. Perna - cm	40,32a	36,98b	39,08a	38,22a	0,38	<0,0001	0,1229	0,1255
Prof. Tórax - cm	26,25a	24,35b	25,85a	24,75b	0,38	0,0013	0,0524	0,9252
Per. Tórax - cm	69,57a	64,25b	67,53a	66,30b	0,32	<0,0001	0,0100	0,0001
ICP cm/cm	0,54a	0,54a	0,53a	0,53a	0,01	0,8377	0,2474	0,6015
ICC kg/cm	0,26a	0,20b	0,23a	0,23a	0,00	<0,0001	0,7338	<0,0001

CEC=comprimento externo da carcaça; CIC=comprimento interno da carcaça; L. Tórax=largura do Tórax; Per. Garupa=perímetro da garupa; C. Perna=comprimento da perna; Per. Perna=perímetro da perna; Prof. Tórax; Per. Tórax=perímetro do tórax; ICP=índice de compacidade da perna; ICC=índice de compacidade da carcaça.

As dietas que continham palma, resultaram em maiores comprimentos externo e interno das carcaças, maiores largura de garupa, comprimento e perímetro da perna e maior profundidade de tórax ($P < 0,05$; Tabela 7).

Tabela 8 – Interação entre a fonte de energia e a palma morfometria para a carcaça de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
		L. Tórax - cm
Gérmen	22,18Aa	19,68Ba
Milho	21,32Aa	20,97Ba
		Per. Garupa - cm
Gérmen	65,32Aa	58,69Ba
Milho	64,67Aa	60,92Ba
		Per. Tórax - cm
Gérmen	69,96Aa	62,63Bb
Milho	69,18Aa	65,88Ba
		ICC kg/cm
Gérmen	0,27Aa	0,19Bb
Milho	0,25Ab	0,21Ba

Houve interação entre a palma forrageira e a fonte energética ($P < 0,05$; Tabela 9) para os componentes não-carcaça para os pesos de coração, fígado, pulmão + traqueia, baço, omento, gordura perirrenal e peso total de órgãos.

As dietas contendo palma forrageira, independentemente da fonte energética utilizada resultaram em maiores pesos de coração, fígado, pulmão + traqueia, gordura perirrenal e peso total de órgãos. Entre as dietas com palma, a dieta do gérmen obteve maiores pesos de gordura perirrenal e peso total de órgãos. Já nas dietas sem palma, a dieta que continha milho propiciou maior peso de pulmão + traqueia ($P < 0,05$; Tabela 10).

As dietas com palma resultaram em maiores pesos de rins e mesentério ($P < 0,05$; Tabela 9).

Tabela (9) Componentes não-carcaça de ovinos com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)		SEM	P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen		P	FE	P*FE
Coração	0,16a	0,12b	0,14a	0,14a	0,00	<0,0001	0,5252	0,0155
Fígado	0,64a	0,39b	0,52a	0,51a	0,02	<0,0001	0,7547	0,0208
Pulmão + traqueia	0,55a	0,41b	0,50a	0,46b	0,01	<0,0001	0,0076	0,0477
Baço	0,08a	0,07b	0,08a	0,07a	0,01	0,0452	0,7370	0,0058
Rins	0,12a	0,10b	0,11a	0,11a	0,00	<0,0001	0,6984	0,5421
Mesentério	0,30a	0,20b	0,25a	0,25a	0,01	<0,0001	0,7675	0,0510
Omento	0,42a	0,23b	0,29b	0,36a	0,02	<0,0001	0,0463	0,0099
Gordura perirrenal	0,32a	0,15b	0,18b	0,29a	0,01	<0,0001	<0,0001	0,0003
Gordura interna	0,12a	0,09b	0,09a	0,11a	0,01	0,0069	0,0652	0,3922
Peso total de órgãos	2,73a	1,76b	2,12b	2,38a	0,05	<0,0001	0,0017	<0,0001

Tabela 10 – Interação entre a fonte de energia e a palma forrageira para componentes não-carcaça de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
		Coração
Gérmen	0,17Aa	0,11Ba
Milho	0,16Aa	0,13Ba
		Fígado
Gérmen	0,67Aa	0,36Ba
Milho	0,61Aa	0,43Ba
		Pulmão + traqueia
Gérmen	0,55Aa	0,38Bb
Milho	0,56Aa	0,45Ba
		Baço
Gérmen	0,09Aa	0,05Ba
Milho	0,07Aa	0,08Aa
		Omento
Gérmen	0,50Aa	0,22Ba
Milho	0,34Ab	0,24Aa
		Gordura perirrenal
Gérmen	0,41Aa	0,17Ba
Milho	0,22Ab	0,13Ba
		Peso total de órgãos
Gérmen	3,06Aa	1,70Ba
Milho	2,41Ab	1,82Ba

Houve interação entre a palma forrageira e a fonte energética ($P < 0,05$; Tabela 11) para os ácidos graxos: i-C16:0 (iso-hexadecanoico), a-C17:0 (anteiso-heptadecanoico), C17:0 (heptadecanoico), C20:0 (araquídico), C20:5n-3 (eicosapentaenoico - EPA), C22:6n-3 (docosahexaenoico - DHA) ($P < 0,05$; Tabela 11).

A dieta contendo milho e palma forrageira reduziu as quantidades de i-C16:0, a-C17:0 e C17:0 em relação a dieta com milho e sem palma. Por outro lado, as dietas que continham palma e gérmen reduziram as quantidades de C20:0, C20:5n-3 e C22:6n-3 em relação a dieta contendo gérmen sem palma. Entre as dietas que continham palma forrageira a dieta com milho aumentou as quantidades de a-C17:0, C17:0 e C20:5n-3. Já entre as dietas que com ausência de palma o milho aumentou as quantidades de i-C16:0, a-C17:0, C17:0 e diminuiu o C20:0 ($P < 0,05$; Tabela 12).

A inclusão de palma forrageira nas dietas aumentou as quantidades de lipídeos totais, e dos ácidos graxos C14:1c9 (miristoleico), C16:1c9 (palmitoleico). por outro lado, diminuiu as quantidades de i-C15:0 (ácido iso-pentadecanoico), a-C15:0 (anteiso-pentadecanoico), i-C17:0 (ácido iso-heptadecanoico) e C22:5n-3 (ácido docosapentaenoico - DPA). Quando foi incluído gérmen na dieta ocorreu diminuição das quantidades dos ácidos graxos C16:0

(palmítico), i-C17:0 (iso-heptadecanoico), C16:1c7 (palmitoleico), C16:1c9 (ácido palmitoleico), C17:1c9 (cis-9 heptadecanoico), C22:4n-6 (docosatetraenoico - DTA) e C22:5n-3 (docosapentaenoico - DPA).

Tabela 11. Perfil de ácidos graxos da carne de ovinos alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)			P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen	SEM	P	FE	P*FE
Lip. Totais (mg/g MS)	88,40a	77,27b	78,83a	86,84a	3,10	0,0172	0,0784	0,9091
AG. Totais (mg/g MS)	42,32a	39,98a	43,27a	39,04a	2,39	0,4990	0,2165	0,7523
Ácidos graxos (g/100g)								
C:12	0,08a	0,10a	0,09a	0,09a	0,01	0,0707	0,8050	0,5324
C:14	1,49a	1,46a	1,50a	1,45a	0,06	0,7087	0,5053	0,7831
i-C15:0	0,08b	0,13a	0,12a	0,11a	0,01	<0,0001	0,2817	0,2785
a-C15:0	0,10b	0,16a	0,12a	0,14a	0,01	<0,0001	0,0576	0,0679
C14:1c9	0,03a	0,01b	0,03a	0,02b	0,00	0,0001	0,0433	0,6688
C15:0	0,22b	0,28a	0,25a	0,25a	0,01	0,0001	0,9811	0,4684
i-C16:0	0,10b	0,14a	0,13a	0,11b	0,01	<0,0001	0,0013	0,0002
C16:0	22,05a	21,54a	22,88a	20,71b	0,31	0,2586	<0,0001	0,4630
i-C17:0	0,30b	0,35a	0,37a	0,28b	0,01	<0,0001	<0,0001	0,4699
C16:1c7	0,26a	0,26a	0,29a	0,23b	0,01	0,4710	<0,0001	0,6382
C16:1c9	1,12a	0,88b	1,18a	0,81b	0,02	<0,0001	<0,0001	0,1751
a-C17:0	0,35b	0,41a	0,47a	0,29b	0,01	0,0074	<0,0001	0,0001
C17:0	0,71b	0,75a	0,87a	0,59b	0,01	0,0356	<0,0001	0,0077
C17:1c9	0,48a	0,44a	0,62a	0,31b	0,01	0,0843	<0,0001	0,8080
C19:1c9/c11	0,09a	0,09a	0,11a	0,07b	0,00	0,6853	<0,0001	0,9223
C20:0	0,12b	0,15a	0,12b	0,15a	0,01	0,0010	0,0068	0,0066
C20:1c11	0,03a	0,02a	0,03a	0,02a	0,01	0,7666	0,6299	0,7548
C20:2n-6	0,02a	0,02a	0,02a	0,02a	0,00	0,9392	0,1305	0,1335
C20:3n-6	0,18a	0,17a	0,18a	0,17a	0,01	0,4268	0,7157	0,6571
C20:4n-6	1,88a	2,05a	1,97a	1,97a	0,14	0,9964	0,4029	0,5262
C20:5n-3	0,17b	0,22a	0,23a	0,15b	0,01	0,0141	0,0003	0,0052
C22:4n-6	0,13a	0,13a	0,16a	0,10b	0,01	0,9341	0,0001	0,0942
C22:5n-3	0,30b	0,47a	0,44a	0,32b	0,03	0,0002	0,0067	0,1955
C22:6n-3	0,05a	0,11a	0,08a	0,07a	0,01	<0,0001	0,2915	0,0184

Tabela 12 – Interação entre a fonte de energia e a palma para perfil de ácidos graxos da carne de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
		i-C16:0
Gérmen	0,10Aa	0,11Ab
Milho	0,10Ba	0,17Aa
		a-C17:0
Gérmen	0,31Ab	0,28Ab
Milho	0,40Ba	0,54Aa
		C17:0
Gérmen	0,59Ab	0,58Ab
Milho	0,82Ba	0,92Aa
		C20:0
Gérmen	0,12Ba	0,18Aa
Milho	0,12Aa	0,12Ab
		C20:5n-3
Gérmen	0,10Bb	0,21Aa
Milho	0,23Aa	0,23Aa
		C22:6n-3
Gérmen	0,03Ba	0,11Aa
Milho	0,07Aa	0,10Aa

Houve interação entre a palma forrageira e a fonte energética ($P < 0,05$; Tabela 13) para os ácidos graxos: i-C18:0 (iso-octadecanoico), C18:0 (esteárico), C18:1t6/7/8; C18:1t9 (elaídico), C18:1t10 (trans-octadecenoico), C18:1t11 (trans-vacênico), C18:1t12 (trans-octadecenoico), C18:1c12 (ácido oleico), C18:1t16/c14, C18:2c9t13/c9t14/cyclo-17 (isômeros de linoleico conjugado e ciclopentano-17); C18:2t8c13/c9t15/c9t12 (isômeros de linoleico conjugado), C18:2t11c15 (isômero de linoleico conjugado), CLA-c9t11 (rumênico - linoleico conjugado).

A dieta contendo gérmen e palma em relação a dieta com gérmen sem palma diminuiu as quantidades de C18:0 (esteárico) e aumentou C18:1t9 (elaídico), C18:1t10 (trans-octadecenoico), C18:1t11 (trans-vacênico), C18:1t12 (trans-octadecenoico), C18:1c12 (ácido oleico) e CLA-c9t11 (rumênico - linoleico conjugado). Já a dieta contendo milho e palma em relação a dieta de milho sem palma diminuiu as quantidades de i-C18:0 (iso-octadecanoico) e C18:0 (esteárico) e aumentou o C18:2t11c15 (isômero de linoleico conjugado). Entre as dietas com palma forrageira o gérmen resultou em maiores quantidades de C18:0, C18:1t6/7/8, C18:1t9, C18:1t10, C18:1t11, C18:1t12, C18:1c12, C18:1t16/c14, C18:2c9t13/c9t14/cyclo-17 e CLA-c9t11 e redução do i-C18:0. Com relação as dietas sem palma forrageira a dieta contendo gérmen proporcionou maiores quantidades de C18:0, C18:1t6/7/8, C18:1t9, C18:1t10, C18:1t11,

C18:1t12, C18:1c12, C18:1t16/c14, C18:2c9t13/c9t14/cyclo-17, C18:2t11c15 e CLA-c9t11 (P<0,05; Tabela 14).

A palma forrageira resultou em maiores quantidades de C18:1c9 (oleico), C18:1c11, (vacênico) e C18:1c13 (octadecanóico cis-13). O gérmen proporcionou menores quantidades de C18:1c9 (oleico), C18:1c11 (vacênico), C18:1c13 (octadecanóico cis-13) e C18:3n-3 (α -linolênico - ALA), por outro lado, aumentou o C18:1t15 (P<0,05; Tabela 13).

Tabela 13. Ácidos graxos C18 da carne de ovinos alimentados com com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

Variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)			P-valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen	EPM	P	FE	P x FE
i-C18:0	0,08b	0,10a	0,12a	0,06b	0,00	0,0013	<0,0001	0,0011
C18:0	19,29b	25,66a	18,88b	26,07a	0,39	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C18:1t6/7/8	0,26a	0,23b	0,18b	0,32a	0,01	0,0047	<0,0001	0,0002
C18:1t9	0,23a	0,18b	0,14b	0,26a	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C18:1t10	0,24a	0,18b	0,13b	0,29a	0,01	0,0005	<0,0001	<0,0001
C18:1t11	1,35a	1,07b	0,61b	1,80a	0,01	0,0001	<0,0001	<0,0001
C18:1t12	0,36a	0,25b	0,23b	0,39a	0,01	<0,0001	<0,0001	0,0001
C18:1c9	39,97a	34,89b	39,59a	35,26b	0,64	<0,0001	<0,0001	0,0992
C18:1t15	0,19a	0,20a	0,15b	0,24a	0,01	0,5637	<0,0001	0,3597
C18:1c11	0,69a	0,57b	0,83a	0,43b	0,02	0,0003	<0,0001	0,9799
C18:1c12	0,16a	0,05b	0,06b	0,16a	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001
C18:1c13	0,02a	0,01b	0,02a	0,01b	0,00	0,0064	0,0002	0,1297
C18:1t16/c14	0,16a	0,15a	0,08b	0,23a	0,01	0,1957	<0,0001	0,0421
C18:2c9t13/c9t14/cyclo-17	0,14a	0,08b	0,06b	0,16a	0,01	<0,0001	<0,0001	0,0002
C18:2t8c13/c9t15/c9t12	0,15a	0,10b	0,11b	0,15a	0,01	0,0001	0,0003	0,0032
C18:1c16	0,06a	0,05a	0,05b	0,07a	0,00	0,0704	0,0027	0,0653
C18:2t9c12	0,05a	0,04a	0,05a	0,03b	0,00	0,0631	0,0009	0,1170
C18:2t11c15	0,02a	0,01b	0,02a	0,02a	0,00	0,0288	0,5396	0,0051
C18:2n-6	5,30a	5,06a	4,86a	5,49a	0,34	0,6281	0,2109	0,9301
C18:3n-6	0,05a	0,04a	0,05a	0,04a	0,01	0,4789	0,2735	0,7966
C18:3n-3	0,32a	0,35a	0,39a	0,28b	0,01	0,1141	<0,0001	0,7437
CLA-c9t11	0,54a	0,35b	0,27b	0,62a	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Tabela 14 – Interação entre a fonte de energia e a palma para ácidos graxos C18 da carne de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
		i-C18:0
Gérmen	0,06Ab	0,06Ab
Milho	0,10Ba	0,14Aa
		C18:0
Gérmen	20,82Ba	31,32Aa
Milho	17,77Bb	20,00Ab
		C18:1t6/7/8
Gérmen	0,35Aa	0,28Ba
Milho	0,17Ab	0,18Ab
		C18:1t9
Gérmen	0,32Aa	0,20Ba
Milho	0,14Ab	0,15Ab
		C18:1t10
Gérmen	0,36Aa	0,23Ba
Milho	0,12Ab	0,14Ab
		C18:1t11
Gérmen	2,16Aa	1,45Ba
Milho	0,54Ab	0,68Ab
		C18:1t12
Gérmen	0,48Aa	0,29Ba
Milho	0,24Ab	0,21Ab
		C18:1c12
Gérmen	0,26Aa	0,06Ba
Milho	0,06Ab	0,05Aa
		C18:1t16/c14
Gérmen	0,25Aa	0,22Aa
Milho	0,07Ab	0,08Ab
		C18:2c9t13/c9t14/cyclo-17
Gérmen	0,21Aa	0,11Ba
Milho	0,07Ab	0,04Ab
		C18:2t8c13/c9t15/c9t12
Gérmen	0,18Aa	0,11Aa
Milho	0,11Ab	0,10Aa
		C18:2t11c15
Gérmen	0,01Aa	0,02Aa
Milho	0,03Aa	0,01Ba
		CLA-c9t11
Gérmen	0,81Aa	0,44Ba
Milho	0,28Ab	0,26Ab

Houve interação entre a palma forrageira e fonte energética para os ácidos graxos ramificados ($P < 0,05$; Tabela 15).

A dieta contendo milho e palma aumento a quantidade ácidos graxos ramificados em comparação com a dietas que continha milho sem palma forrageira. De maneira semelhante entre as dietas contendo palma o milho mostrou o mesmo comportamento frente ao gérmen ($P < 0,05$; Tabela 16).

O gérmen proporcionou maior quantidade de ácidos graxos trans-monoin saturados ($P < 0,05$; Tabela 15).

Tabela 15. Somatório de ácidos graxos da carne de ovinos de alimentados com gérmen integral extra gordo de milho em substituição ao milho associado ou não com a palma forrageira

variáveis	Palma (P)		Fonte energética (FE)			P-Valor		
	Com	Sem	Milho	Gérmen	SEM	P	F	P*F
Saturados	45,72a	47,20a	46,03a	46,89a	1,10	0,3656	0,5980	0,9398
Ramificados	1,17a	1,05a	1,21a	1,01b	0,05	0,0799	0,0062	0,0234
Monoin saturados	43,26a	42,45a	43,56a	42,25a	1,09	0,6056	0,3751	0,5003
cis-monoin saturados	40,83a	39,36a	41,63a	38,57a	1,07	0,3439	0,0545	0,3405
trans-monoin saturados	2,44a	2,48a	2,05b	2,87a	0,24	0,9115	0,0224	0,4500
Polinsaturados	9,69a	9,67a	10,12a	9,24a	0,62	0,9779	0,3193	0,7484
Omega-3	1,00a	1,13a	1,17a	0,96a	0,08	0,2526	0,0903	0,3380
Omega-6	7,63a	7,53a	7,92a	7,24a	0,53	0,8879	0,3789	0,7277
BI	3,54a	3,77a	3,25a	4,06a	0,30	0,6032	0,0692	0,6121

Tabela 16 – Interação entre a fonte de energia e a palma Somatório de ácidos graxos da carne de ovinos

Fonte de energia	Palma	
	Com Palma	Sem palma
	Ramificados	
Gérmen	1,00Ab	1,03Aa
Milho	1,34Aa	1,07Ba

3.2 DISCUSSÃO

O aumento no consumo de matéria seca observado com a inclusão de palma forrageira nas dietas refletiu em maior consumo de PB, EE e NDT refletindo em maiores pesos (corporal ao abate, final, peso de corpo vazio), ganho de peso total, ganho médio diário, espessura de gordura subcutânea e índice de compacidade da carcaça, o que influenciou de maneira positiva as avaliações subjetivas das carcaças (conformação, acabamento e gordura perirrenal). Galeano et al. (2022) também observaram maior consumo de matéria seca e proteína bruta com a inclusão de palma forrageira associada ao milho ou gérmen integral extra gordo.

Segundo Gama et al. (2021), a palma forrageira devido a sua composição (mucilagem, pectina, compostos fenólicos entre outros) atua sobre a biohidrogenação, alterando a dinâmica de partículas no rúmen e, assim, permite que mais ácidos graxos passem do rúmen para o intestino delgado. Logo, a inclusão de palma forrageira permitiu maiores consumos, apesar da quantidade de gordura do gérmen.

Os pesos de carcaça fria e carcaça quente, bem como os rendimentos de carcaça fria e carcaça quente foram afetados positivamente pela inclusão de palma forrageira nas dietas e os maiores consumos de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais estão relacionados aos maiores ganhos de peso como observado no presente estudo. Além disso, os rendimentos de carcaça possivelmente foram influenciados pelo menor conteúdo do trato gastrointestinal, o que segundo Cardoso et al. (2021) ocorre devido a diminuição dos teores de FDN das dietas com a inclusão de palma forrageira.

A dieta com gérmen e sem palma forrageira impactou negativamente o peso final, peso corporal ao abate, ganho de peso total, ganho médio diário, peso de corpo vazio e de carcaça quente e fria, rendimento biológico, índice de compacidade da carcaça e área de olho de lombo. A redução no consumo de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais impactou diretamente sobre estas variáveis.

Os maiores pesos dos cortes paleta, costela e pernil obtidos com a inclusão de palma forrageira na dieta podem ser devido a paleta e o pernil apresentarem a forma de crescimento centrípeto, onde as ondas de crescimento deslocam-se das extremidades para o centro do corpo e logo estas áreas têm um crescimento precoce (Garcia et al., 2009), resultado semelhante foi encontrado por Cardoso et al. (2021). Além disso, o maior consumo de nutrientes com essas dietas contribuiu para os maiores pesos dos referidos cortes, implicando

nos maiores pesos de pescoço, serrote e lombo. Pereira et al. (2020) também encontraram maiores pesos dos cortes comerciais ao incluir palma forrageira na dieta de ovinos; além disso, segundo Moore et al. (2017), existe correlação positiva entre o peso da carcaça e o peso dos cortes, como observado no presente estudo. Os menores consumos da dieta com gérmen e sem palma forrageira levaram aos menores pesos dos cortes.

Os rendimentos dos cortes de costela e lombo foram maiores devido a utilização de dietas contendo palma forrageira que proporcionou maior consumo. Por outro lado, os rendimentos de serrote, paleta e pernil foram maiores nas dietas sem a inclusão da palma forrageira, e considerando Garcia et al. (2009), que afirma que estas partes do corpo se desenvolvem primariamente, podemos inferir que os baixos consumo de matéria seca e proteína não foram suficientes para equiparar o desempenho dos animais que consumiram essas dietas aos animais que consumiram palma forrageira e, por isso, obteve maiores proporções destes cortes em relação a carcaça.

As medidas morfométricas da carcaça também foram melhoradas com a inclusão de palma forrageira nas dietas. Segundo Souza et al. (2020), por fornecer energia prontamente disponível no rúmen, a palma forrageira favorece a síntese de proteína microbiana e ácidos graxos de cadeia curta, promovendo melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta, o que reflete em maior crescimento e desenvolvimento muscular e, conseqüente alongamento das carcaças e deposição de músculo. E na dieta com gérmen e sem palma forrageira ocorreu o oposto, menor desempenho e conseqüentemente observou-se morfometria menos desenvolvida.

Os componentes não-carcaça foram influenciados com a inclusão de palma forrageira, aumentando de peso. Segundo Cardoso et al. (2021), o fígado e o baço desempenham funções importantes no metabolismo dos nutrientes ingeridos pelos animais, sendo assim têm seu crescimento e tamanho relacionados a ingestão e teor energético das dietas. E pela menor ingestão de nutrientes, limitando o crescimento dos animais e desenvolvimento dos órgãos e vísceras, a dieta com gérmen e sem palma forrageira proporcionou menores pesos de coração, fígado, pulmão + traqueia e rins.

Assim como o desempenho de animais ruminantes alimentados com fontes de gordura é importante, um outro fator relacionado a essa produção merece especial atenção. No que tange que a qualidade dos produtos que serão ofertados para o consumo humano devemos estar atentos ao perfil de ácidos graxos da carne.

Segundo diversas pesquisas realizadas, foram encontradas diversas evidências de que os ácidos graxos saturados (especialmente os C14:0; C16:0 e C18:0) podem impactar de maneira negativa sobre a saúde humana e causa de diversas doenças que pioram a qualidade de vida das pessoas. Por outro lado, alguns ácidos graxos insaturados (C18:1 e C18:2) e especialmente o C18:2 c9t11 CLA (ácido linoleico conjugado) são reportados como benéficos a saúde humana e que pode contribuir para uma melhor qualidade de vida (Shramko et al. 2020; Joseph., 2020).

A substituição do milho pelo gérmen associado ou não com a palma forrageira foi eficiente em reduzir a proporção de C16:0 e C17:0 o que é bastante benéfico, pois segundo Chikwanha et al. (2018) estes ácidos estão associados a influência nos níveis de colesterol (hipercolesterolêmico) e pode causar malefícios a saúde humana.

Nas dietas em que a palma forrageira foi incluída observou-se menores concentrações de C18:0 o que pode estar relacionado à composição deste ingrediente que é rico em compostos fenólicos que pode atuar inibindo a última etapa da bio-hidrogenação, fazendo com escapem mais ácidos graxos insaturados do rúmen (Gama et al., 2021; Izuegbuna et al., 2019) e que possam ser incorporados a carne. Por outro lado, as dietas contendo gérmen resultaram em maior proporção de C18:0 possivelmente em função de maior quantidade de gordura disponível para a bio-hidrogenação.

Um outro fato que apoia a maior saída de ácidos graxos insaturados do rúmen das dietas que contêm palma forrageira foi apontado por Bayar et al. (2016) de que a gordura adere-se a mucilagem da palma forrageira, diminuindo a intensidade do processo de bio-hidrogenação que poderia sofrer essa gordura. Logo, isso contribui para uma maior quantidade de CLA depositada na carne de animais que consomem palma forrageira, conforme apontado por Cordova-Torres et. (2016).

Conforme citado anteriormente, as propriedades da palma forrageira podem inibir a bio-hidrogenação completa resultou em maiores quantidades de CLA, bem como de seu intermediário (C18:1, trans 11), especialmente na dieta contendo gérmen. Flores et al. (2021) também observaram efeito semelhante de CLA à medida que o nível de gordura aumentava na dieta. Logo, o uso da palma forrageira em dietas de ovinos melhora a qualidade nutricional da carne.

Portanto, observasse que a junção de palma forrageira a fonte de gordura pode trazer benefícios a saúde humana através do consumo de carne ovina.

4. CONCLUSÕES

O uso do gérmen ou do milho como fontes energéticas associadas à palma forrageira orelha de elefante mexicana melhora o desempenho, as características de carcaça, rendimento dos principais cortes cárneos comerciais de ovinos em terminação e o perfil de ácidos graxos.

A substituição do milho pelo gérmen integral extra gordo de milho atua de maneira prejudicial sobre as características de carcaça de cordeiros em confinamento.

5. REFERÊNCIAS

- ABUBAKR, A. R. et al. Digestibility, rumen protozoa, and ruminal fermentation in goats receiving dietary palm oil by-products. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 2, p. 147-154, 2013.
- ANDRADE, R. B. et al. Use of crude glycerin in dairy goat feeding and its effects on milk and cheese performance and quality. **Animal Feed Science and Technology**, v. 315, p. 116049, 2024.
- BORGHI, T. H. et al. Características qualitativas de hambúrgueres e kaftas elaboradas com carne de cordeiros alimentados com glicerina. **B. Industr. Anim.**, p. 290-296, 2016.
- CARDOSO, D. B. et al. Growth performance, carcass traits and meat quality of lambs fed with increasing levels of spineless cactus. **Animal Feed Science and Technology**, v. 272, p. 114788, 2021.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. Sheep and goat carcasses: obtaining, evaluation and classification (Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação). **Agropecuária Tropical**, v. 1, p. 232, 2007.
- CHIKWANHA, O. C. et al. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. **Food Research International**, v. 104, p. 25-38, 2018.
- CORDOVA-TORRES, A. V. et al. Meat and milk quality of sheep and goat fed with cactus pear. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 19, 2017.
- COSTA, R. G. et al. Utilização de diferentes metodologias para determinação da área de olho de lombo em ovinos. **Archivos de zootecnia**, v. 61, n. 236, p. 615-618, 2012.
- FLORES, D. R. Martins et al. Lambs fed with increasing levels of grape pomace silage: Effects on meat quality. **Small Ruminant Research**, v. 195, p. 106234, 2021.
- GALEANO, V. J. L. et al. Productive responses of dairy goats fed on diets containing elephant grass (*Pennisetum purpureum*) associated or not with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes, and extra-fat whole corn germ as a substitute for corn. **Small Ruminant Research**, v. 207, p. 106609, 2022.
- GAMA, M. A. S. et al. Partially replacing sorghum silage with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes in a soybean oil-supplemented diet markedly increases trans-11 18: 1, cis-9, trans-11 CLA and 18: 2 n-6 contents in cow milk. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, n. 2, p. 232-246, 2021.

- GARCIA, I. F. F. et al. Allometric study on carcass tissues from purebred Santa Ines lambs or crossbred with Texel, Ile de France and Bergamacia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 539-546, 2009.
- GIORDANI JUNIOR, R. et al. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2014.
- HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lactating cows. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 11, p. 4018-4027, 2005.
- IBRAHIM, N. A. et al. Effects of vegetable oil supplementation on rumen fermentation and microbial population in ruminant: A review. **Tropical animal health and production**, v. 53, p. 1-11, 2021.
- IZUEGBUNA, O.; OTUNOLA, G.; BRADLEY, G. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory, and cytotoxic activities of *Opuntia stricta* cladodes. **Plos one**, v. 14, n. 1, p. e0209682, 2019.
- JOSEPH, T. J. A. Conjugated linoleic acid (CLA): Implications for human health and animal production. 2020.
- KEIM, J. P. et al. The replacement of ground corn with sugar beet in the diet of pasture-fed lactating dairy cows and its effect on productive performance and rumen metabolism. **Animals**, v. 12, n. 15, p. 1927, 2022.
- LANDIM, A. V. et al. Effects of by-product from biscuit industry on performance and carcass traits of fattening Morada Nova lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 1, p. 16, 2023.
- LIMA, N. L. L. et al. Economic analysis, performance, and feed efficiency in feedlot lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, p. 821-829, 2017.
- MIOTTO, F. R. C. et al. Desempenho produtivo de tourinhos Nelore x Limousin alimentados com dietas contendo gérmen de milho integral. 2009.
- MOORE, K. L.; MRODE, R.; COFFEY, M. P. Genetic parameters of Visual Image Analysis primal cut carcass traits of commercial prime beef slaughter animals. **Animal**, v. 11, n. 10, p. 1653-1659, 2017.
- MORAIS, J. S. et al. Carcass traits, commercial cuts, and edible non-carcass components of lambs fed a blend of residue from the candy industry and corn gluten feed by replacing ground corn. **Small Ruminant Research**, v. 220, p. 106917, 2023.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. 2007, 362p.
- PAZDIORA, R. D. et al. Substituting corn grain for passion fruit peels in feed for confined sheep. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 22, p. e2122142021, 2021.
- PEREIRA, F. D. S. et al. Diets containing cunhã (*Clitoria ternatea* L.) hay and forage cactus (*Opuntia* sp.) meal on production and meat quality of Boer crossbred goat. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 2707-2713, 2020.

- REZENDE, F. M. et al. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorghum silage in sheep diet. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 1875-1880, 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, n. 1, p. 89-113, 2020.
- SCHINDELIN, J. et al. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. **Nature methods**, v. 9, n. 7, p. 676-682, 2012.
- SCHINDELIN, J. et al. The ImageJ ecosystem: An open platform for biomedical image analysis. **Molecular reproduction and development**, v. 82, n. 7-8, p. 518-529, 2015.
- SHRAMKO, V. S. et al. The short overview on the relevance of fatty acids for human cardiovascular disorders. **Biomolecules**, v. 10, n. 8, p. 1127, 2020.
- 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.
- SIMIONATTO, M; MAEDA, E. M. Gordura protegida na dieta para ovinos. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 12, p. 1-18, 2017.
- STURION, T. U. et al. Processing methods of flint corn and protein supplement in forage-free diets for feedlot lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 2, p. 105, 2023.
- SOUSA, L. C. O. et al. Effects of replacing corn with by-product from biscuit manufacture on feed intake, digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior, and growth performance of pure or crossbred Morada Nova sheep. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, n. 3, p. 175, 2022.
- VARGAS, J. A. C. et al. Total and partial replacement of corn meal with rice bran in lamb rations: Nutritional effects. **Livestock Science**, v. 234, p. 103986, 2020.
- YANG, S. L. et al. Soybean oil and linseed oil supplementation affect profiles of ruminal microorganisms in dairy cows. **Animal**, v. 3, n. 11, p. 1562-1569, 2009.