

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

MARCELA RODRIGUES DE OLIVEIRA

Interação de aditivos alimentares em dietas ricas em amido à base de sorgo para cordeiras

Uberlândia

2025

MARCELA RODRIGUES DE OLIVEIRA

Interação de aditivos alimentares em dietas ricas em amido à base de sorgo para cordeiras

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias (PPGCV) da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior

Uberlândia

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

O48
2026 Oliveira, Marcela Rodrigues de, 2002-
Interação de aditivos alimentares em dietas ricas em amido à
base de sorgo para cordeiras [recurso eletrônico] / Marcela
Rodrigues de Oliveira. - 2026.

Orientador: Gilberto de Lima Macedo Júnior.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Ciências Veterinárias.
Modo de acesso: Internet.
DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2026.67>
Inclui bibliografia.

1. Veterinária. I. Macedo Júnior, Gilberto de Lima, 1977-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação
em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 209 A e B - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP
38400-902

Telefone: (34) 2512-6811 - www.ppgcv.fmvz.ufu.br - mesvet@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Veterinárias				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGCVET Nº 11/2026				
Data:	06 de fevereiro de 2026	Hora de início:	14h:00	Hora de encerramento:	16h:30
Matrícula do Discente:	12412MEV015				
Nome do Discente:	Marcela Rodrigues de Oliveira				
Título do Trabalho:	Interação de aditivos alimentares em dietas ricas em amido à base de sorgo para cordeiras				
Área de concentração:	Produção Animal				
Linha de pesquisa:	Forragicultura, manejo e eficiência na produção dos Animais e de seus derivados				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Aplicações de diferentes fontes nitrogenadas e energéticas para ovinos em diferentes categorias				

Reuniu-se no formato híbrido, presencial na sala de Audiovisual da Biblioteca Central, Campus Santa Mônica e por videoconferência da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias assim composta: Professores Doutores: Erica Beatriz Schultz - (UFV); Luciana Melo Sousa Nogueira - (UF IFAS Range Cattle Research & Education Center) e Gilberto de Lima Macedo Junior - (FMVZ/UFU), orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Gilberto de Lima Macedo Junior, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Gilberto de Lima Macedo Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 06/02/2026, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Melo Sousa, Usuário Externo**, em 06/02/2026, às 15:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Erica Beatriz Schultz, Usuário Externo**, em 06/02/2026, às 15:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7004831** e o código CRC **866552BF**.

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor
incondicional, pelo apoio constante e por
nunca medirem esforços para que pudesse
chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a Nossa Senhora, pela proteção, pela força e pela sabedoria concedidas ao longo de toda essa caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Gilberto, pela orientação, paciência, disponibilidade, conselhos, especialmente pelas oportunidades concedidas e por ter aberto portas para novos caminhos ao longo da minha trajetória acadêmica.

À FMVZ da UFU pela estrutura e oportunidade de realização do curso de Mestrado. Aproveito para estender meus agradecimentos a todo seu corpo docente.

Aos meus pais, Matilde e Marcos, expresso minha mais profunda gratidão pelo carinho, ensinamentos, apoio constante e por sempre acreditarem em mim e nos meus sonhos. Tudo o que sou, tudo o que conquistei e tudo o que ainda conquistarei é reflexo do caráter, dos valores e do exemplo que recebi de vocês, que sempre foram minha base e minha inspiração.

À minha irmã, Mariane, pelo carinho, incentivo e apoio em todos os momentos.

Às minhas afilhadas, Manuela e Maria Flor por serem fonte de alegria genuína, leveza e amor.

Ao meu noivo, Lucas, meu companheiro de vida, agradeço não apenas pelo apoio emocional, mas também pela dedicação e auxílio direto na execução do experimento, sendo essencial em todas as etapas deste trabalho.

Aos meus amigos Erin e Lucas, que mesmo à distância, sempre estiveram presentes, oferecendo apoio, amizade e incentivo ao longo da minha trajetória.

Ao meu amigo Marco Túlio, agradeço pela ajuda nas correções e pelas valiosas contribuições, bem como pelo incentivo constante, não apenas neste trabalho, mas em todos os outros que realizamos juntos, além de ter aberto portas para novos caminhos.

Ao Pedro Henrique, pela disponibilidade e pelo apoio fundamental na condução das análises estatísticas deste estudo.

Aos funcionários do setor de caprinos e ovinos, pelo suporte técnico, colaboração e atenção durante a condução do experimento.

À Karla, Luciana e Erica, pela disponibilidade e gentileza em aceitarem o convite para compor a banca examinadora deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa concedida durante os anos do curso.

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos combinados da levedura viva *Saccharomyces cerevisiae*, do tanino condensado e da enzima amilolítica sobre o consumo, a digestibilidade da dieta, o balanço de nitrogênio e os parâmetros sanguíneos de cordeiras alimentadas com dietas de alto teor de amido à base de sorgo. Foram utilizadas cinco cordeiras mestiças (Dorper $\times$ Santa Inês), com idade média de $5,6 \pm 1,4$ meses e peso corporal inicial de $28,8 \pm 3,7$ kg, alojadas em gaiolas metabólicas individuais por um período experimental de 75 dias. As dietas experimentais foram formuladas com relação volumoso:concentrado de 20:80, e o arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 08h00 e às 16h00. Os tratamentos consistiram em: i) dieta sem inclusão de aditivos (controle); ii) enzima amilolítica + tanino (TE); iii) enzima amilolítica + levedura viva (EY); iv) levedura viva + tanino (TY); e v) levedura viva + tanino + enzima amilolítica (TYE). Durante cinco dias de coleta, foram avaliados o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e metabólicos sanguíneos proteicos, enzimáticos e energéticos. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS, considerando-se diferenças significativas quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P \leq 0,10$. O experimento foi conduzido em delineamento quadrado latino 5×5 . A inclusão dos aditivos aumentou a glicose plasmática, o consumo da matéria seca (MS) e a digestibilidade da MS e do amido. Os tratamentos TE, TY e TYE apresentaram maior consumo de proteína bruta (PB) em comparação ao tratamento EY. As digestibilidades da MS, da PB e do amido foram reduzidas nos tratamentos TY e TYE, os quais também apresentaram maior produção de fezes na matéria natural e maior teor de matéria seca fecal. O tratamento EY reduziu o balanço de nitrogênio e aumentou as concentrações séricas de LDL, enquanto o tratamento TE resultou em menor excreção de nitrogênio fecal e menores concentrações de triglicerídeos. Observou-se tendência de aumento das concentrações séricas de ureia e creatinina nos tratamentos EY e TE. O tratamento TYE promoveu maior atividade sérica de fosfatase alcalina. Não foram observados efeitos dos aditivos sobre o consumo de água, o teor de amido fecal, o volume e a densidade urinária, a matéria seca fecal, o escore de fezes ou a excreção de nitrogênio urinário. Houve efeito linear na curva glicêmica, com maior valor observado às 17h00 ($71,03 \text{ mg dL}^{-1}$). Conclui-se que diferentes combinações de levedura viva, tanino condensado e enzima amilolítica em dietas de alto concentrado para cordeiras aumenta o consumo de MS e melhora a digestibilidade da MS e do amido, sem comprometer o balanço hídrico nem os parâmetros metabólicos energéticos, enzimáticos e proteicos avaliados.

Palavras-chave: consumo; digestibilidade; enzima amilolítica; levedura viva; tanino condensado.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the combined effects of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), condensed tannin, and an amylolytic enzyme on feed intake, diet digestibility, nitrogen balance, and blood parameters of ewe lambs fed high-starch sorghum-based diets. Five crossbred ewe lambs (Dorper × Santa Inês), with an average age of 5.6 ± 1.4 months and an initial body weight of 28.8 ± 3.7 kg, were housed in individual metabolic cages for a 75-day experimental period. The experimental diets were formulated with a 20:80 forage-to-concentrate ratio, and animals were fed twice daily at 08:00 and 16:00 h. The treatments consisted of: i) diet without additives (control); ii) amylolytic enzyme + tannin (TE); iii) amylolytic enzyme + live yeast (EY); iv) live yeast + tannin (TY); and v) live yeast + tannin + amylolytic enzyme (TYE). During a five-day collection period, nutrient intake and digestibility, as well as protein, enzymatic, and energy-related blood metabolites, were evaluated. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS, considering differences significant at $P \leq 0.05$ and trends at $P \leq 0.10$. The experiment was conducted in a 5×5 Latin square design. The inclusion of additives increased plasma glucose, dry matter (DM) intake, and the digestibility of DM and starch. The TE, TY, and TYE treatments showed higher crude protein (CP) intake compared to the EY treatment. The digestibility of DM, CP, and starch was reduced in the TY and TYE treatments, which also showed higher fecal output (as-fed basis) and higher fecal dry matter content. The EY treatment reduced nitrogen balance and increased serum LDL concentrations, whereas the TE treatment resulted in lower fecal nitrogen excretion and lower triglyceride concentrations. A tendency toward increased serum urea and creatinine concentrations was observed in the EY and TE treatments. The TYE treatment promoted higher serum alkaline phosphatase activity. No effects of the additives were observed on water intake, fecal starch content, urinary volume and density, fecal dry matter output, fecal score, or urinary nitrogen excretion. A linear effect was observed in the glycemic curve, with the highest value recorded at 17:00 h (71.03 mg dL^{-1}). It is concluded that different combinations of live yeast, condensed tannin, and amylolytic enzyme in high-concentrate diets for ewe lambs increase DM intake and improve DM and starch digestibility without compromising water balance or the evaluated energy, enzymatic, and protein metabolic parameters.

Keywords: Amylolytic enzyme; intake; condensed tannins; digestibility; live yeast.

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Descrição dos aditivos.....	38
Tabela 2 - Composição Bromatológica da dieta experimental.....	38
Tabela 3 - Formulação Concentrado.....	39
Tabela 4 - Consumo de nutrientes de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta.....	45
Tabela 5 - Consumo de água, parâmetros urinários e balanço de nitrogênio de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta.....	46
Tabela 6 - Parâmetros fecais de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta.....	47
Tabela 7 - Metabólitos proteicos, energéticos e enzimáticos de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta.....	48
Figura 1 - Curva de glicose de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta.....	49

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 HIPÓTESE.....	13
3 OBJETIVOS	13
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4.1 AMIDO	13
4.2 DIGESTIBILIDADE DO AMIDO EM RUMINANTES.....	15
4.3 EFEITO DE DIETAS COM ALTO TEOR DE AMIDO NO METABOLISMO RUMINAL.....	17
4.4 ADITIVOS ALIMENTARES NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES	18
4.5 ENZIMAS AMIOLÍTICAS	20
4.6 LEVEDURA VIVAS SACCHAROMYCES CEREVISIAE	21
4.7 TANINO CONDENSADO.....	24
4.8 SINERGIA ENTRE COMBINAÇÕES DE ADITIVOS.....	25
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS NUTRICIONAIS E METABÓLICOS DE CORDEIRAS ALIMENTADAS COM COMBINAÇÃO DE ADITIVOS EM DIETAS RICAS EM AMIDO À BASE DE SORGO	34
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
3 RESULTADOS	42
4 DISCUSSÃO	46
5 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Nas atuais produções intensivas de ruminantes, o aumento de carboidratos rapidamente fermentáveis na dieta tornou-se uma estratégia comum para melhorar o desempenho dos ruminantes (Zhang et al., 2022). Tradicionalmente, o milho é a principal fonte de energia nessas dietas, mas seu custo elevado representa uma parcela significativa das despesas na formulação das rações (Ncube et al., 2014). Nesse contexto, a substituição parcial ou total do milho por outros cereais, como o sorgo, surge como uma alternativa.

O sorgo apresenta valor nutricional semelhante ao milho e maior adaptabilidade a diferentes condições ambientais, especialmente em situações de deficiência hídrica (Hossain et al., 2022). No entanto, sua utilização em dietas de alto concentrado pode ser limitada pela menor digestibilidade dos grânulos de amido, devido à densa matriz proteica na camada periférica do endosperma do grão (Gutierrez et al., 1982).

Dietas com altos teores de grãos rapidamente fermentáveis aumentam o risco de acidose ruminal, um distúrbio metabólico que reduz o pH ruminal e compromete a saúde e o desempenho animal (Aschenbach et al., 2019), gerando prejuízos econômicos e sendo uma preocupação para a indústria de terminação de cordeiros (Tucker et al., 2015). Para mitigar os efeitos negativos da acidose ruminal e melhorar a eficiência alimentar, a inclusão de aditivos, como taninos, enzimas e leveduras, tem sido explorada.

Os resultados dos estudos sobre o uso de aditivos em dietas de cordeiros ainda são inconsistentes. Enquanto Lee-Rangel et al. (2010) observaram que as enzimas amilolíticas exógenas não promoveram melhorias significativas no desempenho, na digestibilidade ruminal ou na digestão total do trato, Rodrigues et al. (2022) relataram que combinações de enzimas amilolítica com enzimas proteolíticas e fibrolíticas resultou em aumento no consumo e na digestibilidade da matéria seca. No entanto, esses autores também identificaram uma falta de sinergismo na degradação de carboidratos e compostos nitrogenados. A inclusão de taninos condensados e leveduras demonstrou potencial para melhorar o desempenho animal e a eficiência alimentar, além de beneficiar a digestibilidade dos nutrientes e o estado imunológico dos cordeiros (Costa et al., 2021; Kewan et al., 2021).

Diante o exposto, há uma necessidade crescente de estudos que avaliem combinações de aditivos alimentares, buscando possíveis sinergismos que promovam um melhor desempenho animal, aumentem a digestibilidade dos nutrientes e contribuam para a prevenção de distúrbios metabólicos causados por dietas altamente fermentescíveis.

2 HIPÓTESE

A combinação dos aditivos tanino, levedura e enzima amilolítica na dieta de cordeiras alimentadas com dieta rica em amido pode exercer efeito sinérgico, promovendo aumento no consumo e na digestibilidade dos nutrientes, bem como melhora dos parâmetros metabólicos, em comparação à dieta controle.

3 OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros nutricionais de consumo e digestibilidade dos nutrientes, além dos parâmetros metabólicos de cordeiras em crescimento, comparando quatro combinações de aditivos (tanino + levedura, tanino + enzima, levedura + enzima e tanino + levedura + enzima) com um grupo controle sem adição de aditivos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 AMIDO

O amido é um polímero de carboidrato complexo produzido pelas plantas como sua principal forma de armazenamento de carbono, para servir como reserva de energia durante períodos de maior necessidade (Smith, 2010). É um polissacarídeo não estrutural (carboidrato não fibroso), composto por dois polímeros de glicose sendo elas a amilose e amilopectina (Kozloski, 2019). Ambos os polímeros são semelhantes em função biológica e composição química, consistindo em unidades de glicose que estão ligadas por ligações glicosídicas (Apriyanto e Fettke., 2022).

A amilose é um polímero linear constituído por unidades de glicose conectadas principalmente por ligações α -1,4, formando cadeias alongadas e flexíveis (Parker e Ring, 2001). Os amidos com alto teor de amilose apresentam temperaturas de colagem mais altas e teor de amido resistente, enquanto os amidos com baixo teor de amilose (ceroso) apresentam maior viscosidade de pico e teor de amido de rápida digestão (Luo et al., 2021). O teor de amilose varia entre 20 a 30% de amilose, a quantidade de amilose aumenta à medida que a planta amadurece (Evcı, 2024).

Essa variação tem implicações importantes para o processamento de alimentos. Um maior teor de amilose está associado a grânulos de amido maiores, menos cadeias curtas e mais cadeias médias e longas (Luo et al., 2021). Também afeta a cristalinidade, com amidos com alto teor de amilose mostrando cristalinidade reduzida e uma estrutura cristalina do tipo B em comparação com amidos cerosos e selvagens (Zhou et al., 2015). Os amidos com alto teor de amilose apresentam temperaturas de colagem mais altas e teor de amido resistente, enquanto os amidos com baixo teor de amilose (ceroso) apresentam maior viscosidade de pico e teor de amido de rápida digestão (Luo et al., 2021)

A amilopectina representa a maior fração do amido, correspondendo a cerca de 70–80%. Assim como a amilose, é formada por unidades de glicose, mas se diferencia por apresentar uma estrutura altamente ramificada, com ligações α -1,6 intercaladas às ligações α -1,4 ao longo da cadeia. Essa característica confere à amilopectina uma configuração mais complexa e ramificada (Parker e Ring, 2001).

O amido de armazenamento é produzido em amiloplastos como grânulos discretos com morfologia distinta em diferentes plantas, variando de redondo, oval, ogival ou alongado a

plano, lenticular ou poliédrico, e tamanhos de submícrons a mais de 100 µm de diâmetro (Jane et al., 1994). Os grânulos de amido consistem quase inteiramente em dois polissacarídeos principais, a saber, amilose e amilopectina. Ambos consistem em cadeias de resíduos de d-glicose ligados a α -(1,4), que são interconectados por meio de ligações α -(1,6)-glicosídicas, formando ramos nos polímeros (Bertoft., 2017).

Os ramos da amilopectina constituem cerca de 5% da molécula, o que resulta em uma estrutura molecular muito complexa. Cadeias curtas de amilopectina formam hélices duplas, que cristalizam e contribuem para a natureza semicristalina dos grânulos de amido. Na maioria dos grânulos de amido, a amilopectina constitui o principal componente em peso, enquanto a amilose constitui 15–30%; no entanto, existem muitas exceções (Imberty et al., 1991; Bertoft., 2017).

4.2 DIGESTIBILIDADE DO AMIDO EM RUMINANTES

A digestibilidade do amido em ruminantes varia significativamente de acordo com o tipo de grão e o método de processamento aplicado. Dessa forma, a seleção adequada do cereal durante a formulação das dietas é fundamental, uma vez que as taxas de degradação ruminal do amido podem variar consideravelmente entre os diferentes grãos (Ma et al., 2022).

O sorgo, apresenta menor digestão ruminal do amido (66%), resultando em maior escape ruminal (34%) quando comparado ao milho (27%) e à cevada (7%). Apesar disso, sua digestibilidade intestinal permanece elevada (79%), permitindo um bom aproveitamento pós-rúmen, ainda que inferior ao dos demais grãos (Huntington, 1997). A digestibilidade ruminal do milho pode variar de 49,9% a 89,5%, sendo mais eficiente quando processado com alta umidade, enquanto o sorgo varia entre 59,8% e 78,3%, refletindo sua maior resistência à degradação (Theurer., 1986). Grãos como cevada, trigo e aveia apresentam maiores coeficientes de digestão no rúmen, especialmente quando submetidos a laminação a vapor, atingindo digestibilidade total acima de 98% (Theurer., 1986; Evci, 2024).

A digestibilidade do amido em ruminantes depende significativamente do tipo de grão e o método de processamento aplicado, influenciando diretamente o aproveitamento dos nutrientes. Processos como floculação ou laminação a vapor promovem maior degradação do amido no rúmen e aumentam a digestibilidade total, otimizando o desempenho dos animais (Huntington, 1997; Theurer., 1986).

A fermentação ruminal do amido em ruminantes é um processo complexo que ocorre principalmente no rúmen, onde as populações microbianas decompõem o amido por meio da hidrólise enzimática principalmente por bactérias amilolíticas. Eles tendem a ser predominantes no rúmen de animais alimentados com dietas ricas em amido (Yokoyama e Johnson 1988).

As bactérias do rúmen são as principais responsáveis pela digestão do amido nesse compartimento, destacando-se espécies como *Streptococcus bovis*, *Ruminobacter amylophilus*, *Prevotella ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Succinimonas amylolytica* e *Selenomonas ruminantium* (Trotta et al., 2021; Wang et al., 2022). A digestão microbiana do amido de trigo e cevada ocorre de fora para dentro, a partir do ponto de aderência microbiana. Já no milho, a digestão é de dentro para fora, resultando em grânulos ocos após a digestão (Evcı, 2024). A estrutura da matriz proteica que envolve os grânulos de amido nos cereais tem maior influência na taxa e extensão da digestão do que as características do próprio amido (Iommelli et al., 2022).

Grãos de fermentação mais lenta, como sorgo, apresentam menor taxa de digestão ruminal comparados a grãos de fermentação mais rápida, como trigo e cevada, diferença atribuída, principalmente, à composição da matriz proteica desses grãos (Khan et al., 2015).

Estudos in vitro mostraram que a fermentação máxima do amido ocorre em pH 6,8, com acúmulo de lactato associado a taxas de fermentação mais altas (Moore et al., 1962). No entanto, o baixo pH ruminal de dietas ricas em amido pode deprimir a digestão das fibras, e a fermentação excessiva do amido pode levar a problemas metabólicos (Ørskov, 1986).

O amido que escapa da fermentação ruminal pode ser digerido no intestino delgado por enzimas pancreáticas e da mucosa intestinal, sendo convertido em glicose (Berchielli et al., 2011). A eficiência dessa digestão intestinal, especialmente em dietas com alto teor de grãos, está diretamente relacionada à capacidade enzimática disponível, que pode ser um fator limitante. Além disso, a absorção da glicose depende da atuação do transportador SGLT1, cuja capacidade pode restringir o aproveitamento total desse nutriente (Bertoft, 2017).

A glicose absorvida no intestino delgado constitui uma parte importante do suprimento energético nos ruminantes, complementando a glicose proveniente da fermentação ruminal de amido e, em menor escala, de outras fontes de carbono (Bertoft, 2017). Quando o amido escapa tanto da fermentação ruminal quanto da digestão intestinal, ele pode ser fermentado no intestino grosso, produzindo compostos semelhantes aos originados no rúmen (Ørskov, 1986). No entanto, a presença de amido nas fezes indica uma perda energética significativa, o que

evidencia a importância de ajustes na formulação da dieta ou nas estratégias de processamento dos grãos para maximizar sua utilização (Evcí, 2024).

4.3 EFEITO DE DIETAS COM ALTO TEOR DE AMIDO NO METABOLISMO RUMINAL

O amido é uma importante fonte de energia em dietas para ruminantes, sendo frequentemente utilizado para otimizar a fermentação ruminal, favorecer a digestão de carboidratos e aumentar o aporte de proteínas ao intestino delgado (Shen et al., 2020). Comparado à fibra, o amido possui uma taxa de fermentação ruminal mais rápida o que pode provocar um rápido aumento na pressão parcial de hidrogênio molecular ruminal (H_2) e na síntese de proteína microbiana (Yi et al., 2021).

O aumento do amido degradável no rúmen (ADR) pode alterar o perfil da fermentação ruminal, reduzindo a proporção de acetato: propionato, favorecendo o crescimento de bactérias amilolíticas enquanto diminui a produção de bactérias celulolíticas, elevando o risco de ocorrência de acidose ruminal subaguda, associada à maior produção de AGCCs e à redução do pH ruminal (Li et al., 2014), podendo evoluir para uma acidose aguda.

Estudos anteriores demonstram que dietas ricas em ADR reduzem o pH ruminal, inibem acetógenos dominantes e diminuem a expressão de enzimas como a endoglucanase, essencial na degradação da celulose. Simultaneamente, ocorre aumento na produção de propionato devido à maior abundância de genes associados à síntese de amilase. Porém, esse mesmo cenário reduz a atividade da enzima de ramificação do amido, prejudicando a interação dos módulos catalíticos com seus substratos específicos. Níveis excessivos de amido também comprometem a digestibilidade de nutrientes e o desempenho animal. Além disso, a substituição da produção de acetato por propionato altera a disponibilidade de hidrogênio, favorecendo sua utilização na síntese de proteína microbiana (MCP) e reduzindo a produção de CH_4 e H_2 livre (Shen et al., 2020; Yi et al., 2021; Ma et al., 2022).

Dietas altamente fermentáveis são rapidamente convertidas em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácido lático dentro do rúmen (Aschenbach et al., 2011). O epitélio ruminal, responsável pela absorção de AGCCs, contribui para o fornecimento de energia ao hospedeiro e para a estabilização do ambiente ruminal. Contudo, o acúmulo excessivo desses ácidos pode reduzir o pH intracelular (pHi) a níveis letais, comprometendo a integridade epitelial (Gäbel & Müller, 2002).

Mecanismos como trocadores de íons e cotransportadores atuam na regulação do pH intracelular e a absorver AGCCs, produzindo corpos cetônicos. No entanto, em dietas com alta densidade energética ou em casos de acidose ruminal, esses sistemas podem ser sobrecarregados, resultando em acúmulo de prótons, queda do pH intracelular e danos à integridade epitelial (Gäbel e Müller, 2002).

Estudo conduzidos por Steele et al., (2012) demonstraram que o fornecimento de dietas com alto teor de grãos para cordeiros induzem alterações no rúmen, o epitélio ruminal exerce uma resposta proliferativa e acelerada, acompanhada pelo aumento de corpos cetônicos, dependente da disponibilidade de substrato. Além disso, ocorrem adaptações metabólicas voltadas à manutenção da homeostase do colesterol. A absorção de glicose também tem sido proposta como uma via adicional para a remoção de substratos acidogênicos do rúmen (Gäbel & Müller, 2002).

4.4 ADITIVOS ALIMENTARES NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

A Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2004) define os aditivos alimentares como substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizado normalmente como ingrediente, que tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano.

A proibição dos antibióticos promotores de crescimento animal na União Europeia impulsionou a busca por aditivos alimentares alternativos, como probióticos, ácidos dicarboxílicos, enzimas e compostos de origem vegetal, incluindo saponinas, taninos e óleos essenciais (Jouany e Morgavi, 2007). O uso de aditivos na nutrição animal tem sido amplamente estudado, com foco na identificação de suas estruturas bioquímicas e funções fisiológicas (Kumar et al., 2014).

São incorporados às dietas em pequenas proporções, com o objetivo de melhorar as características dos alimentos, a ingestão, a flora gastrointestinal, a digestibilidade, a produção, a saúde, a fertilidade e a qualidade dos produtos de origem animal (Singh, 2015). Embora sejam vistos como alternativas naturais menos tóxicas, podem conter substâncias perigosas, exigindo

avaliação rigorosa quanto à segurança para animais, manipuladores, consumidores e meio ambiente (Jouany e Morgavi, 2007).

Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (Araya et al., 2002). Na nutrição de ruminantes, esses aditivos microbianos ajudam na modulação da microbiota digestiva através da estabilização da população microbiana benéfica, estímulo à reposta imune, produção de compostos antimicrobianos e exclusão competitiva de patógenos (Bidarkar et al., 2014).

Diferentes estudos destacam a eficácia de determinados probióticos como melhoradores de desempenho em ovinos incluindo *Bacillus*, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pediococcus entosaceus* e *Ruminococcus flavefaciens* (Roos et al., 2018; Tripathi, e Karim., 2010; Soren et al., 2013; Salemm et al., 2016; Hassan et al., 2020). Esses microrganismos demonstraram efeitos positivos, como aumento do ganho de peso, melhoria na eficiência alimentar e reforço da saúde intestinal (Kober et al., 2022).

Os ácidos carboxílicos são compostos orgânicos caracterizados pela presença de dois grupos funcionais carboxila (-COOH) (Badea e Radu, 2018). Desempenham um papel significativo na nutrição de ruminantes, estimulando a utilização de lactato no rúmen, modulando a fermentação ruminal com aumento da produção de propionato e do pH enquanto reduzem os níveis de metano e lactato, semelhantes aos efeitos de ionóforos (Martin, 1998).

Estudos demonstram que os ácidos dicarboxílicos específicos podem influenciar positivamente a digestibilidade dos nutrientes, o ganho de peso e o desempenho geral do crescimento em ovinos. Estudo conduzido por Ryzhkova e Nikitaeva (2024) demonstrou que a suplementação com ácido succínico combinado a propilenoglicol melhorou os processos metabólicos e o crescimento da prole em ovinos. Moharrery e Asadi (2009) relataram que cordeiros suplementados com malato e levedura apresentaram aumento do ganho de peso diário e maior atividade de celulase, indicando melhoria na digestão de fibras.

As enzimas são proteínas especializadas que atuam como catalisadores biológicos, acelerando reações químicas com alta especificidade por seus substratos. A ação enzimática é altamente seletiva, ou seja, cada enzima reconhece e atua sobre um substrato particular, e essa especificidade é refletida em sua denominação (Vieira, 2003). As enzimas exógenas estão sendo reconhecidas como aditivos na dieta de ovinos, aumentando a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes.

Em diferentes estudos a suplementação com enzimas fibrolíticas demonstrou efeitos positivos na digestibilidade de nutrientes, com incrementos significativos nos coeficientes de digestão da matéria seca, matéria orgânica e frações fibrosas da dieta (López-Aguirre et al., 2016; Salem et al., 2011). Neiva et al. (2022) observaram que a suplementação com enzimas amilolíticas promoveu melhorias significativas no consumo de matéria seca, consumo de proteína bruta e consumo de nitrogênio, promovendo melhor utilização de nutrientes em cordeiros.

Os metabólitos secundários produzidos por plantas, como óleos essenciais, fenóis, taninos e saponinas, atuam como mecanismos de defesa contra predadores e patógenos (Patra e Saxena.,2009). Esses compostos bioativos emergem como aditivos dietéticos promissores para ruminantes, capazes de modular funções ruminais, otimizar a utilização de proteínas e energia, reduzir a emissão de metano e melhorar a qualidade de produtos como carne e leite (Ramdani et al., 2023). Os extratos vegetais, em particular, apresentam desafios devido à variedade de compostos bioativos, dificultando a definição de doses seguras e efeitos controlados (Jouany e Morgavi, 2007).

Os polifenóis, juntamente com óleos essenciais e saponinas, podem melhorar a produção de ruminantes, a saúde e a segurança alimentar (Ramdani et al., 2023). Oliveira et al. (2020) constataram que a utilização de tanino e óleos essenciais são eficientes na manutenção do pH ruminal, consumo de matéria seca e digestibilidade aparente da matéria seca.

4.5 ENZIMAS AMIOLÍTICAS

Diante das crescentes restrições ao uso de antibióticos e promotores de crescimento na produção animal, as enzimas exógenas têm sido amplamente estudadas como uma alternativa nutricional viável. No entanto, a literatura não estabelece um consenso nem define um valor mínimo padronizado de teor de amido na dieta de ovinos a partir do qual a suplementação com enzimas amilolíticas seja comprovadamente eficaz ou ineficaz. Estudos indicam que dietas contendo aproximadamente 35% de amido promovem aumento da atividade da α -amilase no conteúdo intestinal delgado (Yao; Wang, 2006), sugerindo maior estímulo à digestão desse carboidrato. Nesse contexto, a utilização de enzimas amilolíticas exógenas tende a ser mais relevante em dietas com elevada participação de concentrado.

De modo geral, a suplementação com enzimas exógenas tem sido associada a melhorias no desempenho dos ruminantes e no aproveitamento dos nutrientes, além de contribuir para a

redução da excreção de resíduos e poluentes ambientais, como nitrogênio e fósforo (Thammiah et al., 2017). No entanto, os efeitos observados são altamente dependentes de fatores como o tipo da enzima, o método de aplicação, a composição da dieta e o estado nutricional dos animais (Sridhar et al., 2014).

As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos, acelerando reações químicas específicas. Por serem de natureza proteica, são sensíveis ao calor, ao pH e à ação de enzimas digestivas, o que pode comprometer sua estabilidade durante o processamento da ração ou sua passagem pelo trato gastrointestinal (Ravindran, 2013). Além disso, apresentam alta especificidade por substratos, exigindo condições ideais de umidade, temperatura e pH para atuarem de forma eficaz. Por isso, a escolha da enzima deve ser feita com base na composição dos ingredientes da dieta.

As enzimas amilolíticas, são responsáveis pela hidrólise do amido, um polissacarídeo vegetal amplamente presente nas dietas de ruminantes. O amido é formado por amilose e amilopectina, e sua digestão resulta em açúcares menores, como maltose e glicose (Harger et al., 1982). As principais enzimas amilolíticas incluem a α -amilase, que atua no interior da molécula (endoglicosidase); a β -amilase, que libera maltose pelas extremidades (exoglicosidase); e a glicoamilase, capaz de quebrar ligações α -1,4 e α -1,6, gerando glicose livre. As α -glicosidases também contribuem para a degradação de oligossacarídeos (Kozloski, 2017).

Estudos recentes demonstram os efeitos da suplementação com enzimas amilolíticas em ruminantes. Sousa et al. (2023) relataram que a inclusão de enzima amilolítica entre 6.300 e 7.800 DU/kg de matéria seca melhora a digestibilidade de dietas com alto teor de concentrado, sem comprometer a ingestão voluntária de nutrientes em ovinos. Além disso, a combinação de enzimas amilolíticas com outras enzimas exógenas, como as proteolíticas e fibrolíticas, tem sido avaliada. Os resultados, no entanto, são variados. Enquanto Rodrigues et al. (2022) não observaram efeitos significativos sobre o consumo e o desempenho, Neiva et al. (2022) identificaram aumento no consumo de matéria seca em relação ao peso corporal, no consumo de proteína bruta e de nitrogênio, bem como um balanço nitrogenado mais favorável com o uso de enzimas amilolíticas em comparação aos demais tratamentos.

4.6 LEVEDURA VIVAS *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

As leveduras constituem um grupo de fungos unicelulares amplamente utilizados pela indústria alimentícia, com destaque para o gênero *Saccharomyces* (Siqueira et al., 2020). Na nutrição de ruminantes, a suplementação com leveduras estimula o desenvolvimento e a atividade da microbiota ruminal, favorece a remoção do oxigênio residual do rúmen e exerce influência sobre o padrão fermentativo, refletindo em maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes pelos animais (Rodrigues et al., 2021).

Quando incorporadas em pequenas doses à dieta, as leveduras enquadram-se no conceito de *Direct-Fed Microbials* (DFM), promovendo benefícios significativos ao estabilizar o ecossistema microbiano intestinal, melhorar a eficiência alimentar e contribuir para a saúde animal (Uyeno et al., 2015). Há uma ampla diversidade de DFMs disponíveis comercialmente, incluindo bactérias dos gêneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus*, além de fungos, como as leveduras do gênero *Saccharomyces* (Uyeno et al., 2015), reconhecidas por sua capacidade de modificar o perfil da fermentação ruminal.

As leveduras do gênero *Saccharomyces cerevisiae* podem ser incluídas nas dietas de três formas: a ativa, inativa ou apenas a parede celular da levedura, que influenciará diretamente sua forma de atuação. Seus efeitos positivos na eficiência alimentar e no desempenho produtivo, destacam-se na nutrição de ruminantes, posicionando-se como uma alternativa sustentável ao uso tradicional de antibióticos (Broadway, Carroll e Sanchez, 2015).

A composição nutricional das leveduras, especialmente da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, apresenta características notáveis. Esses microrganismos possuem amplo teor de proteína bruta, variando entre 30% e 60% da matéria seca, com o nitrogênio total distribuído em aproximadamente 80% de aminoácidos, 12% de ácidos nucleicos e 8% de amônia (Ezequiel et al., 2000). Além disso, destacam-se pela riqueza em vitaminas do complexo B, incluindo tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e biotina (Assis, 2019). Outro aspecto relevante é o perfil aminoacídico equilibrado, com ênfase em lisina, treonina e metionina, aminoácidos essenciais frequentemente limitantes em dietas convencionais (Yamada et al., 2003).

A suplementação com leveduras vivas irá atuar no rúmen, por meio de mecanismos interligados que otimizam a digestão e o desempenho animal. Primeiramente, as células da levedura consomem oxigênio presente no ambiente ruminal, reduzindo sua concentração e favorecendo a anaerobiose (Newbold et al., 1995). Essa condição anaeróbica inibe o

crescimento de bactérias patogênicas aeróbias e estimula microrganismos benéficos, como as bactérias fibrolíticas, responsáveis pela degradação de fibras, e as consumidoras de ácido lático, que metabolizam esse ácido, prevenindo seu acúmulo e, conseqüentemente, o risco de acidose ruminal (França e Rigo, 2011; Ding et al., 2014).

Além disso, promove a estabilização do pH ruminal e o ambiente anaeróbico favorecendo a ativação de enzimas fibrolíticas, aumentando a digestibilidade de componentes da parede celular vegetal, como celulose e hemicelulose. Esse processo libera açúcares fermentescíveis, que são convertidos em ácidos graxos voláteis (AGVs), principal fonte de energia para os ruminantes. A maior eficiência na degradação da fibra acelera a taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo, o que estimula o consumo voluntário de matéria seca (Wallace e Newbold, 1993).

Por fim, a modulação da microbiota ruminal resulta em maior síntese de proteína microbiana, que flui para o intestino delgado, elevando a disponibilidade de aminoácidos essenciais para absorção. A melhoria na digestão e o aumento do aporte nutricional culminam em ganhos produtivos, como maior ganho de peso em animais de corte ou incremento na produção leiteira (Ding et al., 2014).

A *Saccharomyces cerevisiae*, embora amplamente utilizada como suplemento alimentar, não se desenvolve naturalmente no rúmen devido às condições fisiológicas desse ambiente, como temperatura elevada (~39°C) e pH neutro (7,0), que contrastam drasticamente com suas exigências ideais de crescimento (27°C e pH 3,5–5,0). Essa incompatibilidade torna indispensável a suplementação contínua na dieta (Chaucheyras-Durand et al., 2008). Utilizada pela primeira vez nas décadas de 1940 e 1950, a *Saccharomyces cerevisiae* demonstrou, em estudos recentes, melhorar a contagem de bactérias celulolíticas anaeróbicas e otimizar o pH ruminal (Mohammad, 2022). Corroborando seu mecanismo de ação associado à modulação do ambiente ruminal, ao reduzir flutuações abruptas e evitar a acidose, elas fatores limitantes do consumo, o que explica o aumento significativo no consumo de matéria seca (Chaucheyras-Durand et al., 2008). Estudos como o de Silberberg et al. (2013) reforçam essa relação, demonstrando que a inclusão de *Saccharomyces cerevisiae* em dietas ricas em grãos promove estabilidade no pH ruminal, minimizando oscilações críticas e mantendo um ambiente microbiano equilibrado durante o ciclo digestivo.

A suplementação com leveduras vivas exerce influência significativa sobre o metabolismo nitrogenado ruminal, promovendo redução na concentração de amônia (NH₃) e

otimizando a eficiência da síntese proteica microbiana. Estudos *in vitro* e *in vivo* evidenciaram que a presença de cepas ativas de *Saccharomyces cerevisiae* inibe a produção de NH_3 , concomitantemente ao estímulo do crescimento de bactérias ruminais especializadas na assimilação de peptídeos e aminoácidos como substrato energético (Chaucheyras-Durand; Fonty, 2012). Esse fenômeno resulta em maior conversão de nitrogênio amoniacal em proteína microbiana, elevando o fluxo de nitrogênio bacteriano disponível para o intestino delgado (Dawson; Hopkins, 1991). Tais mecanismos não apenas diminuem perdas de nitrogênio por volatilização, mas também ampliam a capacidade nutricional da dieta, reforçando o papel das leveduras como moduladores da homeostase ruminal e da produtividade animal. Embora o modo de ação das leveduras tenha sido investigado, ele ainda não está completamente esclarecido, com resultados conflitantes sobre seu uso na dieta de ruminantes (Siqueira et al., 2020).

4.7 TANINO CONDENSADO

Os taninos condensados (TC) são compostos polifenólicos encontrados em várias partes das plantas, como folhas, cascas, flores e sementes, sendo considerados metabólitos secundários de defesa vegetal. Quimicamente, são polímeros de flavonoides, como catequina e galocatequina, cujas unidades monoméricas incluem antocianidinas, como cianidina e delphinidina (Fonseca et al., 2023). São classificados como taninos não hidrolisáveis, diferindo dos taninos hidrolisáveis pela sua estabilidade estrutural e resistência à degradação no trato gastrointestinal (Min e Solaiman, 2018).

A principal característica bioquímica dos TC é a capacidade de formar complexos estáveis com proteínas e carboidratos estruturais, como amido, celulose e hemicelulose. Essa interação pode afetar a digestibilidade dos nutrientes, especialmente quando os TC estão presentes em concentrações superiores a 5% da matéria seca (Naumann et al., 2017). Em doses moderadas, no entanto, esses compostos têm mostrado efeitos benéficos, como a melhoria na eficiência de utilização do nitrogênio, a redução na excreção de compostos nitrogenados na urina, e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, como metano e óxido nitroso (Tedeschi et al., 2014; Fonseca et al., 2023).

Além dos efeitos nutricionais, os taninos também possuem atividades biológicas, incluindo ações antiparasitária, antimicrobiana, antiviral, anti-inflamatória, imunomoduladora

e antioxidante. Entre elas, a propriedade antioxidante tem ganhado destaque, pois o aumento do status antioxidante é considerado um dos principais benefícios da inclusão de taninos na alimentação animal, melhorando o bem-estar e o desempenho dos animais (Huang et al., 2018). Estudo conduzido por López-Andrés et al. (2013) demonstrou que cordeiros suplementados com extrato de quebracho apresentaram maior capacidade antioxidante nos tecidos do fígado.

Terra-Braga et al. (2024), observaram que a suplementação de TC na dieta de cordeiros em crescimento promoveu uma alteração no destino do nitrogênio no organismo animal, com redução da concentração de nitrogênio ureico no sangue e maior excreção pelas fezes, o que pode contribuir significativamente para a redução da poluição ambiental. Além disso, os cordeiros ajustaram voluntariamente a ingestão de matéria seca de acordo com a concentração de taninos na dieta, sem prejuízo no ganho médio diário.

Lucianer et al. (2019) também avaliaram o uso de extrato de quebracho em dietas de cordeiros. A inclusão de 0,3% do extrato resultou em melhoria no escore de condição corporal, ainda que sem efeitos sobre o consumo, conversão alimentar ou ganho de peso. Contudo, doses maiores, como 0,6% e 0,9%, promoveram alterações hematológicas, sugerindo um possível efeito pró-inflamatório. Houve também alterações no metabolismo energético e lipídico, com redução da glicose e aumento nos níveis de triglicerídeos e colesterol, especialmente após 40 dias de suplementação

4.8 SINERGIA ENTRE COMBINAÇÕES DE ADITIVOS

A sinergia entre aditivos alimentares refere-se ao efeito potencialmente ampliado obtido quando diferentes compostos atuam de forma complementar na dieta, resultando em respostas superiores às observadas com o uso isolado de cada aditivo. Essa abordagem tem sido cada vez mais explorada como estratégia para otimizar a fermentação ruminal, promover a saúde animal e melhorar o desempenho produtivo, especialmente em ovinos em crescimento (Mousa et al., 2022).

Estudos anteriores demonstram que a associação entre aditivos como leveduras, bactérias probióticas e enzimas na dieta de ovinos pode promover melhorias no desempenho produtivo, parâmetros fisiológicos e na utilização dos nutrientes (Jia et al., 2018; Mousa et al., 2022; Siqueira et al., 2022; Rodrigues et al., 2022). Jia et al., (2018) relataram que a inclusão de *Bacillus licheniformis* associado à *Saccharomyces cerevisiae* melhorou o desempenho de crescimento, aumentou os níveis de GH e IGF-1, e favoreceu a capacidade antioxidante,

imunológica e a fermentação ruminal. De forma semelhante, Mousa et al., (2022) observaram que a combinação desses aditivos elevou o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, melhorou a eficiência alimentar e os parâmetros além de apresentar efeitos benéficos sobre o metabolismo energético e a função renal.

Siqueira et al. (2022) observaram que a inclusão de leveduras ativas e inativas, associadas a enzimas fibrolíticas, não alterou a digestibilidade nem o consumo de matéria seca por cordeiras, porém resultou em melhor aproveitamento proteico, sem comprometer a função hepática. Por outro lado, Rodrigues et al. (2022) relataram que a utilização de diferentes combinações de enzimas (amilolíticas, proteolíticas e fibrolíticas) aumentaram o consumo e a digestibilidade dos nutrientes. No entanto, tratamentos com enzima amilolítica isolada ou associadas a enzimas fibrolíticas apresentaram níveis elevados de ureia, sugerindo uma possível falta de sincronia entre a degradação de carboidratos e compostos nitrogenados, o que pode comprometer a eficiência da fermentação ruminal.

Attia et al., (2013) relataram que a suplementação com tanino de quebracho apresentou efeito dose-dependente, sendo que níveis baixos (26 g/h/d) reduziram a digestibilidade dos nutrientes e o balanço de nitrogênio, enquanto níveis mais elevados (52 g/h/d) não afetaram significativamente a digestão da maioria dos nutrientes, mas promoveram redução na concentração ruminal de amônia ($\text{NH}_3\text{-N}$). Min e Solaiman (2018) destacaram que níveis moderados de taninos podem aumentar o suprimento de proteína metabolizável e favorecer a diversidade microbiana ruminal, resultando em melhorias nos processos fermentativos.

A utilização estratégica de combinação de aditivos alimentares tem se mostrado uma ferramenta promissora para otimizar a função ruminal, promover a saúde dos animais e melhorar o desempenho produtivo de ovinos. No entanto, os efeitos desses aditivos podem variar consideravelmente, uma vez que as interações entre os diferentes compostos, a dieta e o organismo hospedeiro são complexas necessitando mais estudos, a fim de prever com maior precisão seus efeitos e minimizar resultados inconsistentes (Jouany e Morgavi., 2007).

REFERÊNCIAS

- Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer—Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant science*, 318, 111223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111223>.
- Araya, M., Morelli, L., Reid, G., Sanders, M. E., Stanton, C., Pineiro, M., & Ben Embarek, P. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. *Joint FAO/WHO Working Group Report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food*, 1-11.
- Aschenbach, J. R., Penner, G. B., Stumpff, F., & Gäbel, G. (2011). Ruminant nutrition symposium: role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of animal science*, 89(4), 1092-1107. doi: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3301>
- Badea, G. I., & Radu, G. L. (2018). Introductory Chapter: Carboxylic Acids-Key Role in. *Carboxylic Acid: Key Role in Life Sciences*, 1. doi: <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.77021>
- Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. Nutrição de ruminantes. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. 409 p.
- Bertoft, E. (2017). Understanding starch structure: Recent progress. *Agronomy*, 7(3), 56. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy7030056>.
- Bidarkar, V. K., Swain, P. S., Ray, S., & Dominic, G. (2014). Probiotics: Potential alternative to antibiotics in ruminant feeding. *Trends in Veterinary and Animal Sciences*, 1(1), 1-4. <https://encr.pw/USmZq>
- Carro, M. D., Ranilla, M. J., Giráldez, F. J., & Mantecón, A. R. (2006). Effects of malate on diet digestibility, microbial protein synthesis, plasma metabolites, and performance of growing lambs fed a high-concentrate diet. *Journal of animal science*, 84(2), 405-410. doi: <https://doi.org/10.2527/2006.842405x>
- Costa, E. D. S., Ribiero, C. V. D. M., Silva, T. M., Ribeiro, R. D. X., Vieira, J. F., Lima, A. D. O., ... & Oliveira, R. L. (2021). Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, serum metabolites and growth performance of lambs supplemented with Acacia mearnsii condensed tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 272, 114744. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114744>
- Detmann, E., Silva, L. F. C., Rocha, G. C., Palma, M. N. N., & Rodrigues, J. P. P. (2021). Métodos para análise de alimentos. 2ª Edição. *Visconde do Rio Branco, MG: Suprema*, 350.
- Fonseca, N. V. B., Cardoso, A. D. S., Bahia, A. S. R. D. S., Messana, J. D., Vicente, E. F., & Reis, R. A. (2023). Additive tannins in ruminant nutrition: An alternative to achieve sustainability in animal production. *Sustainability*, 15(5), 4162. doi: <https://doi.org/10.3390/su15054162>.

Gäbel, G., Aschenbach, J. R., & Müller, F. (2002). Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitations. *Animal health research reviews*, 3(1), 15-30. doi: <https://doi.org/10.1079/AHRR200237>.

Gutierrez, G. G., Schake, L. M., & Byers, F. M. (1982). Whole plant grain sorghum silage processing and lasalocid effects on stocker calf performance and rumen fermentation. *Journal of Animal Science*, 54(4), 863-868. doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1250642>

Harger, C., Sprada, D., & Hiratsuka, E. (1982). Amilase fúngica. *Bioquímica das fermentações*, 56.

Hassan, A., Gado, H., Anele, U. Y., Berasain, M. A., & Salem, A. Z. (2020). Influence of dietary probiotic inclusion on growth performance, nutrient utilization, ruminal fermentation activities and methane production in growing lambs. *Animal biotechnology*, 31(4), 365-372. doi: <https://doi.org/10.1080/10495398.2019.1604380>.

Hossain, M. S., Islam, M. N., Rahman, M. M., Mostofa, M. G., & Khan, M. A. R. (2022). Sorghum: A prospective crop for climatic vulnerability, food and nutritional security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100300>

Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *Journal of animal science*, 75(3), 852-867.

Imberty, A., Buléon, A., Tran, V., & Pérez, S. (1991). Recent advances in knowledge of starch structure. *Starch-Stärke*, 43(10), 375-384. doi: <https://doi.org/10.1002/star.19910431002>.

Iommelli, P., Zicarelli, F., Musco, N., Sarubbi, F., Grossi, M., Lotito, D., ... & Tudisco, R. (2022). Effect of cereals and legumes processing on in situ rumen protein degradability: A review. *Fermentation*, 8(8), 363. doi: <https://doi.org/10.3390/fermentation8080363>.

Jane, J. L., Kasemsuwan, T., Leas, S., Zobel, H., & Robyt, J. F. (1994). Anthology of starch granule morphology by scanning electron microscopy. *Starch-Stärke*, 46(4), 121-129. doi: <https://doi.org/10.1002/star.19940460402>.

Jia, P., Cui, K., Ma, T., Wan, F., Wang, W., Yang, D., ... & Diao, Q. (2018). Influence of dietary supplementation with *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces cerevisiae* as alternatives to monensin on growth performance, antioxidant, immunity, ruminal fermentation and microbial diversity of fattening lambs. *Scientific reports*, 8(1), 16712. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35081-4>

Jouany, J. P., & Morgavi, D. P. (2007). Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*, 1(10), 1443-1466. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731107000742>

Kewan, K. Z., Ali, M. M., Ahmed, B. M., El-Kolty, S. A., & Nayel, U. A. (2021). The effect of yeast (*saccharomyces cerevisiae*), garlic (*allium sativum*) and their combination as

feed additives in finishing diets on the performance, ruminal fermentation, and immune status of lambs. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 24(1), 55-76. doi: <https://doi.org/10.21608/ejnf.2021.170304>.

Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., Cone, J. W., & Hendriks, W. H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2), 238-252. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>.

Kober, A. H., Riaz Rajoka, M. S., Mehwish, H. M., Villena, J., & Kitazawa, H. (2022). Immunomodulation potential of probiotics: a novel strategy for improving livestock health, immunity, and productivity. *Microorganisms*, 10(2), 388. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020388>.

Kozloski, G. V. (2017). *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM.

Kozloski, Gilberto Vilmar. *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência -Editora UFSM, 2019.

Kumar, M., Kumar, V., Roy, D., Kushwaha, R., & Vaiswani, S. (2014). Application of herbal feed additives in animal nutrition-a review. *International Journal of Livestock Research*, 4(9), 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.5455/ijlr.20141205105218>

Lee-Rangel, H. A., Pinos-Rodríguez, J. M., Mendoza, G. D., González, S. S., Montes, M. A., Trejo, A. S., & Jasso-Pineda, Y. (2010). Effect of a ruminal buffer and exogenous amylolytic enzymes on growth and digestion in lambs fed high concentrate diets. *Journal of Applied Animal Research*, 37(1), 117-120. doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2010.9707107>

Li, F., Yang, X. J., Cao, Y. C., Li, S. X., Yao, J. H., Li, Z. J., & Sun, F. F. (2014). Effects of dietary effective fiber to rumen degradable starch ratios on the risk of sub-acute ruminal acidosis and rumen content fatty acids composition in dairy goat. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 54-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.12.011>.

López-Aguirre, D., Hernández-Meléndez, J., Rojo, R., Sánchez-Dávila, F., López-Villalobos, N., Salem, A. F. Z., ... & Ruíz, S. (2016). Effects of exogenous enzymes and application method on nutrient intake, digestibility and growth performance of Pelibuey lambs. *SpringerPlus*, 5, 1-6. doi: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3075-7>

López-Andrés, P., Luciano, G., Vasta, V., Gibson, T. M., Biondi, L., Priolo, A., & Mueller-Harvey, I. (2013). Dietary quebracho tannins are not absorbed, but increase the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. *British Journal of Nutrition*, 110(4), 632-639. doi: <https://doi.org/10.1017/S0007114512005703>.

Lucianer, E., Da Silva, A. S., Cazarotto, C. J., Alba, D. F., Griss, L. G., Zampar, A., ... & Kessler, J. D. (2019). Addition of tannin in lamb diets after weaning: impact on performance and hematological and biochemical variables. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47. doi: <https://doi.org/10.22456/1679-9216.98310>.

Luo, X., Cheng, B., Zhang, W., Shu, Z., Wang, P., & Zeng, X. (2021). Structural and functional characteristics of Japonica rice starches with different amylose contents. *CyTA-Journal of Food*, 19(1), 532-540. doi: <https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1927194>.

Ma, X., Li, F., & Li, F. (2020). PSII-21 Effects of barley starch proportion in diets on nutrient digestion, rumen fermentation parameters and rumen microorganisms of fattening Hu sheep. *Journal of Animal Science*, 98(Supplement_4), 404-406. doi: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa278.709>.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa MAPA nº 13 de 30 de novembro de 2004. <https://shre.ink/MLiC>

Martin, S. A. (1998). Manipulation of ruminal fermentation with organic acids: a review. *Journal of animal science*, 76(12), 3123-3132. <https://doi.org/10.2527/1998.76123123x>

Min, B. R., & Solaiman, S. (2018). Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: A review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(5), 1181-1193. doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12938>.

Mohammad, S. F. Impact on ruminant performance of feed additives. *International journal of health sciences*, 6(S6), 10066-10077. doi: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS6.12629>

Monjezi, Y., Sari, M., Chaji, M., & Ferret, A. (2022). Effects of concentrate starch level and free-choice provision of straw on performance, feeding behaviour and feed sorting of fattening lambs. *Applied Animal Behaviour Science*, 256, 105773. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105773>

Moore, J. E., Johnson, R. R., & Dehority, B. A. (1962). Adaptation of an in vitro system to the study of starch fermentation by rumen bacteria. *The Journal of Nutrition*, 76(4), 414-422. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/76.4.414>

Mousa, G. A., Allak, M. A., Shehata, M. G., Hashem, N. M., & Hassan, O. G. (2022). Dietary supplementation with a combination of fibrolytic enzymes and probiotics improves digestibility, growth performance, blood metabolites, and economics of fattening lambs. *Animals*, 12(4), 476. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12040476>.

Naumann, H. D., Tedeschi, L. O., Zeller, W. E., & Huntley, N. F. (2017). The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 929-949. doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200009>.

Ncube, S., Ndlovu, L. R., Tavirimirwa, B., Tambo, G., Mwembe, R. B. N. G., & Nyamushamba, G. B. (2014). Growth performance of ruminants fed different proportions of

maize and sorghum grain. *Livestock Research for Rural Development*, 26(9).
<https://shre.ink/MLiy>

Neiva, M. C., Schultz, E. B., Sousa, L. M., Oliveira, K. A., Sousa, L. F., & Macedo, G. D. L. (2022). Exogenous enzymes in sheep diet: nutritional and physiological parameters. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 44, e56504. doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.56504>

Oliveira, K. A., Assis, T. S., Sousa, L., Siqueira, M. T., de Souza, A. M., & Júnior, G. D. L. M. (2020). Consumo de nutrientes, comportamento ingestivo e parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com volumoso extrusado contendo diferentes aditivos. *Caderno de Ciências Agrárias*, 12, 1-9. doi: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20606>.

Ørskov, E. R. (1986). Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, 63(5), 1624-1633. doi: <https://doi.org/10.2527/JAS1986.6351624X>.

Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Antonie van Leeuwenhoek*, 96, 363-375. <https://doi.org/10.1007/s10482-009-9364-1>

Ramdani, D., Yuniarti, E., Jayanegara, A., & Chaudhry, A. S. (2023). Roles of essential oils, polyphenols, and saponins of medicinal plants as natural additives and anthelmintics in ruminant diets: A systematic review. *Animals*, 13(4), 767. doi: <https://doi.org/10.3390/ani13040767>

Ravindran, V. (2013). Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(3), 628-636. doi: <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00739>.

Rodrigues, G. R. D., Siqueira, M. T. S., Dutra, T. O., Schutz, E. B., Sousa, L. F., & Macedo Júnior, G. D. L. (2022). Uso de enzima amilolítica associada a enzimas proteolíticas e fibrolíticas na dieta para ovinos. *Revista Agrária Acadêmica*, 5(3), 2-14. doi: <https://doi.org/10.32406/v5n3/2022/59-72/agrariacad>

Roos, T. B., de Moraes, C. M., Sturbelle, R. T., Dummer, L. A., Fischer, G., & Leite, F. P. L. (2018). Probiotics *Bacillus toyonensis* and *Saccharomyces boulardii* improve the vaccine immune response to Bovine herpesvirus type 5 in sheep. *Research in veterinary science*, 117, 260-265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.022>

Saha, S.K., Pathak, N.N. (2021). Use of Feed Additives on Livestock Production. In: *Fundamentals of Animal Nutrition*. Springer, Singapore. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-9125-9_13

Saleem, A. M., Zanouny, A. I., & Singer, A. M. (2016). Growth performance, nutrients digestibility, and blood metabolites of lambs fed diets supplemented with probiotics

during pre-and post-weaning period. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 30(4), 523. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0691>

Salem, A. Z. M., El-Adawy, M., Gado, H., Camacho, L. M., González-Ronquillo, M., Alsersy, H., & Borhami, B. (2011). Effects of exogenous enzymes on nutrients digestibility and growth performance in sheep and goats. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 867-874. <https://shre.ink/MeEt>

Shen, J., Zheng, L., Chen, X., Han, X., Cao, Y., & Yao, J. (2020). Metagenomic analyses of microbial and carbohydrate-active enzymes in the rumen of dairy goats fed different rumen degradable starch. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1003. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01003>

Silva, D. J., & Queiroz, A. C. (2002). Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos (3a ed.). Viçosa, MG: Editora UFV.

Singh, P. K. (2015). An overview of feed additives. *Animal Feed Additives*. New India Publishing Agency, New Delhi-110034, India, 1-13. <https://encr.pw/u7FSe>

Smith, A. M. (2010). Starch and starch granules. *eLS*. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470015902.A0001294.PUB2>

Siqueira, M. T. S., Ruela, P. A. C., Oliveira, K. A., de Paula Silva, D. A., Sousa, L. F., & Júnior, G. D. L. M. (2020). Avaliação dos parâmetros nutricionais e metabólicos de borregas alimentadas com leveduras na ração. *Caderno de ciências agrárias*, 12, 1-10. doi: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.23902>

Soren, N. M., Tripathi, M. K., Bhatt, R. S., & Karim, S. A. (2013). Effect of yeast supplementation on the growth performance of Malpura lambs. *Tropical animal health and production*, 45, 547-554. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0257-3>

Sousa, L. F., de Sousa, J. T. L., Schultz, E. B., Feitosa, T. R. M., Gomes, V. C., Luna, R. E. M., & Júnior, G. D. L. M. (2023). Ewes fed high-concentrate diets containing flint corn and increasing levels of exogenous amylolytic enzyme: effects on nutrient intake and digestibility. *Semina: Ciências Agrárias*, 44(3), 1197-1206. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n3p1197>

Sridhar, M., Bhatta, R., Dhali, A., Kumar, V. P., Thammiah, V., & Senani, S. (2014). In vitro evaluation of the effect of exogenous lignolytic enzymes on the nutritive value of Eleusine coracana (ragi straw). *Adv. Appl. Res*, 6(1), 45-52. doi: <http://dx.doi.org/10.5958/j.2349-2104.6.1.008>.

Steele, M. A., Greenwood, S. L., Croom, J., & McBride, B. W. (2012). An increase in dietary non-structural carbohydrates alters the structure and metabolism of the rumen epithelium in lambs. *Canadian Journal of Animal Science*, 92, 123-130. doi: <https://doi.org/10.4141/cjas2011-095>.

Tedeschi, L. O., Ramírez-Restrepo, C. A., & Muir, J. P. (2014). Developing a conceptual model of possible benefits of condensed tannins for ruminant production. *Animal*, 8(7), 1095-1105. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000974>.

Terra-Braga, M., Poli, C. H., Tontini, J. F., Ahsin, M., Van Vliet, S., & Villalba, J. J. (2024). Trade-offs between selection of crude protein and tannins in growing lambs. *Journal of Animal Science*, 102, skae298. doi: <https://doi.org/10.1093/jas/skae298>

Thammiah, V., Samanta, A. K., Senani, S., & Sridhar, M. (2017). Scope of exogenous enzymes in enhancing ruminant productivity. *J. Adv. Vet. Anim. Res*, 5(2), 137-142. doi: <http://dx.doi.org/10.15406/jdvar.2017.05.00137>.

Theurer, C. B. (1986). Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, 63(5), 1649-1662. doi: <https://doi.org/10.2527/jas1986.6351649x>.

Tripathi, M. K., & Karim, S. A. (2010). Effect of individual and mixed live yeast culture feeding on growth performance, nutrient utilization and microbial crude protein synthesis in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 155(2-4), 163-171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.11.007>

Trotta, R. J., Harmon, D. L., Matthews, J. C., & Swanson, K. C. (2021). Nutritional and physiological constraints contributing to limitations in small intestinal starch digestion and glucose absorption in ruminants. *Ruminants*, 2(1), 1-26. doi: <https://doi.org/10.3390/ruminants2010001>.

Vieira, S. L. (2003). Oportunidades para o uso de enzimas em dietas vegetarianas. In *Simpósio Brasil Sul De Avicultura* (pp. 91-95).

Wanapat, M., Cherdthong, A., Phesatcha, K., & Kang, S. (2015). Dietary sources and their effects on animal production and environmental sustainability. *Animal nutrition*, 1(3), 96-103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.07.004>.

Wang, H., Yu, Z., Gao, Z., Li, Q., Qiu, X., Wu, F., ... & Su, H. (2022). Effects of compound probiotics on growth performance, rumen fermentation, blood parameters, and health status of neonatal Holstein calves. *Journal of dairy science*, 105(3), 2190-2200. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20721>

Yi, S., Zhang, X., Wang, M., Zou, C., Chen, X., Zhou, J., ... & Tan, Z. (2021). Effects of Starch Content on Hydrogen and Methane Productions, Rumen Fermentation and Microbial Protein Synthesis During in Vitro Ruminal Culture. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-808694/v1>.

Yokoyama, M, T. Johnson, K, A. (1988). Microbiologia do rúmen e intestino. In: Igreja DC, editor. O animal ruminante. Fisiologia digestiva e nutrição. EUA: Corvallis, Departamento de Zootecnia, Oregon State University. Pág. 137–57

Zhang, Z., Li, F., Ma, X., Li, F., & Wang, Z. (2022). Effects of barley starch level in diet on fermentation and microflora in rumen of Hu sheep. *Animals*, 12(15), 1941. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12151941>.

CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS NUTRICIONAIS E METABÓLICOS DE CORDEIRAS ALIMENTADAS COM COMBINAÇÃO DE ADITIVOS EM DIETAS RICAS EM AMIDO À BASE DE SORGO

1 INTRODUÇÃO

A terminação de cordeiros com dietas de alto teor de amido é uma prática amplamente utilizada para otimizar o desempenho animal e reduzir o tempo de confinamento (Monjezi et al., 2022). No entanto o aumento do amido degradável no rúmen pode alterar a fermentação ruminal, favorecendo bactérias amilolíticas, reduzindo o pH e aumentando o risco de acidose (Li et al., 2014). Segundo Wanapat et al. (2015), além da formulação de rações e do manejo alimentar, os aditivos alimentares têm se destacado como estratégias eficazes para otimizar a saúde ruminal e a produtividade dos ruminantes, atuando de forma complementar na modulação da microbiota com resultados promissores.

Com a proibição progressiva do uso de antibióticos como promotores de crescimento, intensificou-se a busca por aditivos que melhorem o desempenho animal de maneira segura e sustentável (Jouany e Morgavi, 2007). Dentre eles, as enzimas exógenas amilolíticas se destacam por facilitar a degradação do amido em açúcares simples, aumentando sua disponibilidade e aproveitamento energético (Kozloski, 2017). A eficácia dessas enzimas depende de fatores como tipo, dose, composição da dieta e resposta fisiológica dos animais, podendo reduzir perdas de nutrientes e minimizar impactos ambientais (Sridhar et al., 2014).

Os probióticos, especialmente leveduras vivas como *Saccharomyces cerevisiae*, também vêm sendo utilizados como moduladores naturais do ambiente ruminal. Esses microrganismos auxiliam na manutenção do pH, estimulam a atividade microbiana benéfica e favorecem a digestão de fibras (Mohammad, 2022). Já os taninos condensados, compostos bioativos de origem vegetal, têm se destacado por sua capacidade de modular a digestão proteica, melhorar a eficiência do uso do nitrogênio e mitigar as emissões entéricas de metano (Fonseca et al., 2023; Terra-Braga et al., 2024). Também apresentam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, favorecendo a saúde e o bem-estar animal (Huang et al., 2018).

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes combinações de enzimas, leveduras e taninos condensados sobre o consumo e digestibilidade

dos nutrientes e os parâmetros metabólicos sanguíneos em cordeiras em crescimento, alimentadas com dieta contendo 52,4 % de amido proveniente do sorgo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Local e Período Experimental

O experimento foi conduzido no setor de caprinos e ovinos da Fazenda Experimental Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Uberlândia, MG. O período experimental ocorreu de 23 de outubro de 2023 a 5 de janeiro de 2024, totalizando um período experimental de 75 dias. Este estudo foi aprovado pela Comitê de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da UFU, sob o número 139/16.

Animais e Delineamento Experimental

Para a avaliação do consumo e da digestibilidade, foram utilizadas cinco cordeiras mestiças (Dorper × Santa Inês) com idade média de $5,6 \pm 1,4$ meses e peso inicial médio de $28,80 \pm 3,7$ kg. Cada animal foi considerado com uma unidade experimental, os quais foram distribuídos aleatoriamente em gaiolas metabólicas individuais previamente identificadas, de acordo com cada unidade experimental e seu respectivo tratamento. Essas gaiolas eram equipadas com bebedouro, cocho e saleiro, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT).

O estudo foi realizado em delineamento quadrado latino (5×5), com cinco tratamentos e cinco períodos experimentais, sendo dividido em cinco fases de 15 dias cada. Sendo os dez primeiros dias destinados à adaptação dos animais à dieta e às gaiolas metabólicas, enquanto os cinco dias subsequentes foram reservados para a coleta de dados.

Ao término de cada fase, os animais passaram por uma troca de tratamento, seguida por um novo período de adaptação e posterior coleta de dados. Durante essa etapa, foram registradas diariamente as sobras de alimento, o consumo de ração e água, o escore fecal, além da densidade e o volume de urina. As pesagens dos animais foram realizadas no início e ao final de cada fase experimental, utilizando uma balança digital pendular da marca Kapbom® (Kapbom Indústria

e Comércio Ltda., Cravinhos, SP, Brasil), com precisão de 50 g. Os animais foram pesados no período da manhã, antes da primeira refeição, sendo suspensos para a mensuração do peso vivo, com o objetivo de avaliar a variação ponderal e ajustar o consumo alimentar.

Dietas e Tratamentos

Os aditivos utilizados incluíram o Tanino BX da Silvaeed[®] (Silvateam S.p.A., San Michele Mondovì, Itália), enzima amilolítica Amaize[®] da Alltech[®] (Alltech Inc., Nicholasville, EUA) e levedura viva Yea-Sacc[®], também da Alltech[®] (Alltech Inc., Nicholasville, EUA). A descrição dos aditivos está representada na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos aditivos

Aditivos	Fonte
Enzima	Produto seco de fermentação de <i>Aspergillus oryzae</i>
Levedura	Levedura ativa de cepas de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Tanino	Mistura de taninos de castanha e quebracho (62%)

As dietas experimentais foram compostas por cinco tratamentos: (i) Controle (sem aditivos); (ii) Enzima amilolítica + Tanino (TE); (iii) Enzima amilolítica + Levedura viva (EY); (iv) Levedura viva + Tanino (TY); e (v) Levedura viva + Tanino + Enzima amilolítica (TYE). Os aditivos foram pesados diariamente em uma balança de precisão de Shimadzu[®] (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão), com precisão de 0,001g e fornecidos juntamente com a dieta ofertada. A dosagem foi ajustada considerando a ingestão de matéria seca (MS) pelos animais, sendo: 0,5 g de enzima amilolítica/kg de MS, 0,15 g de tanino/kg de MS e 2 g de levedura/kg de MS.

As dietas experimentais foram formuladas e balanceadas conforme as recomendações do NRC (2007), apresentando uma relação volumoso:concentrado de 80:20. A composição bromatológica da silagem de milho e do concentrado está apresentada na Tabela 2, enquanto a formulação do concentrado é descrita na Tabela 3, respectivamente.

Tabela 2. Composição Bromatológica da dieta experimental

Nutriente (%MS)	Concentrado	Silagem de milho	Dieta Total
------------------------	--------------------	-------------------------	--------------------

Matéria Seca *	91,64	33,56	80,02
Proteína Bruta*	22,37	9,56	19,81
Fibra em Detergente Neutro*	18,63	59,18	26,74
Fibra em Detergente Ácido*	4,40	30,45	9,61
Matéria Mineral*	7,57	4,59	6,98
Amido**	58,0	30,0	52,4

*Valores obtidos após análises realizadas no laboratório de nutrição animal do curso de Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia. ** Valores obtidos após análises realizadas no laboratório de nutrição de ruminantes da Universidade Federal de Viçosa.

Tabela 3. Formulação concentrado

Concentrado				
Ingrediente	Sorgo Moído	Farelo de soja	Ureia	Sal Mineral
Inclusão (%)	68,81	25,19	1	5

Manejo Alimentar

O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 08h00 e 16h00, sendo as dietas previamente pesadas antes do fornecimento em balança eletrônica da marca Junipi® (Junipi Balanças Ltda., São Paulo, SP, Brasil) com precisão de cinco gramas. Os aditivos foram pesados individualmente e incorporados ao concentrado e à silagem de milho, sendo homogeneizada manualmente antes do fornecimento, a fim de assegurar a distribuição uniforme dos aditivos. As sobras foram quantificadas diariamente pela manhã e ajustadas para manter uma sobra de aproximadamente 10% da quantidade ofertada. O consumo foi determinado pela diferença entre a quantidade ofertada e as sobras registradas.

Diariamente as sobras de cada animal foram coletadas, garantindo que, ao final do período de coleta, fosse obtida uma amostra composta referente aos cinco dias de digestibilidade de cada fase experimental. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e armazenadas em um congelador a -15 °C para futuras análises bromatológicas sendo elas matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e amido (AM).

Consumo de Água

O consumo de água ingerida pelos animais foi estimado pela diferença entre o volume ofertado e o volume remanescente nos bebedouros, com correção das perdas por evaporação. Diariamente, foram ofertados para cada animal uma quantidade padronizada de 8 litros de água, sendo o volume residual mensurado todas as manhãs com o auxílio de provetas graduadas de plástico, com capacidade de 2 litros e precisão de 20 mL, da marca Jprolab® (Jprolab Equipamentos Científicos Ltda., São Paulo, SP, Brasil). Para quantificação da evaporação ao longo de 24 horas, um balde contendo 8 litros de água foi posicionado diariamente no galpão experimental, em local inacessível aos animais e à mesma altura dos bebedouros utilizados nas gaiolas metabólicas. A perda por evaporação foi determinada pela diferença entre o volume inicial e o volume remanescente no balde de controle na manhã subsequente, sendo esse valor utilizado para corrigir o consumo aparente de água dos animais.

Mensuração e Análises de Urina

A coleta total de urina foi realizada utilizando baldes contendo 100 mL de ácido clorídrico (HCL) para evitar a volatilização do nitrogênio (N) e a possível fermentação microbiana no ambiente. Além disso, telas foram utilizadas para a retenção de fezes, prevenindo contaminações. A coleta foi realizada diariamente pela manhã, sendo o volume urinário mensurado por meio de uma proveta de plástico de dois litros, com precisão de 20 mL da marca Jprolab® (Jprolab Equipamentos Científicos Ltda., São Paulo, SP, Brasil).

A densidade urinária foi determinada utilizando um refratômetro manual portátil Megabrix®, com o auxílio de pipetas descartáveis 1 mL de urina foi retirado do balde coletor e depositado no prisma do refratômetro, sempre na mesma posição e realizado pelo mesmo avaliador para evitar variações. O refratômetro foi higienizado após cada medição para prevenir interferências nos resultados entre as unidades experimentais.

Para cada animal, 20% do volume urinário diário foi amostrado em garrafas plásticas de 2 litros ao longo dos cinco dias de coleta, garantindo uma amostra composta individual ao final do período experimental. Posteriormente, as amostras foram filtradas com papel descartável, armazenadas em garrafas plásticas de 200mL identificadas e mantidas a -15°C para posterior análise bioquímica (determinação de N).

A determinação do teor de nitrogênio (N) na urina foi realizada pelo método *Kjeldahl* (Silva e Queiroz, 2002), com as seguintes adaptações:

- Adicionou-se 1 mL de amostra de urina, 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e uma mistura catalítica em um tubo de ensaio.
- As amostras foram submetidas à digestão, iniciando a 50°C , com aumento gradual da temperatura em incrementos de 50°C , até a mudança de coloração da amostra.
- Após a digestão, procedeu-se à destilação, adicionando-se água destilada à amostra digerida. No aparelho de destilação, foram adicionados 25 mL de hidróxido de sódio a 50% (NaOH) e 20 mL de ácido bórico (H_3BO_3) em um *erlenmeyer*. O volume da amostra destilada coletada foi de 100 mL.
- Após a destilação, a amostra foi titulada com ácido clorídrico (HCl) 0,1N, sendo o ácido adicionado até ocorrer a mudança de coloração da amostra.
- O volume de ácido consumido na titulação foi utilizado para o cálculo do teor de nitrogênio (N) da amostra.

Mensuração e Análises de Fezes

A análise do escore fecal foi realizada por meio de avaliação visual, utilizando uma escala de pontuação de 1 a 5, conforme descrito por Dickson e Jolly (2011). As síbalas duras e secas foram classificadas como 1, e as fezes líquidas, como 5. A escala de escore fecal foi a seguinte: 1 – fezes ressecadas e sem brilho; 2 – fezes normais; 3 – fezes amolecidas, perdendo o formato e aderindo umas às outras (como um cacho de uva); 4 – fezes amolecidas, sem formato normal (semelhantes às fezes de suínos); e 5 – fezes diarreicas. Esse procedimento foi realizado durante os cinco dias de coleta, sempre por um único avaliador para evitar variações.

As fezes foram pesadas e coletadas diariamente em porções de aproximadamente 100g pela manhã, de modo que, ao final de cada período de coleta, houvesse um total de 500g de amostra de fezes de cada animal. Após o período de coleta, as amostras foram homogeneizadas e armazenadas em freezer a -15°C . Essas amostras foram posteriormente utilizadas para as análises bromatológicas (MS, MM, PB, FDN, FDA, AM).

Análises bromatológicas

As amostras de sobras e fezes foram submetidas a análises bromatológicas e os nutrientes analisados foram proteína bruta, determinada pelo teor de nitrogênio total por meio do método *Kjeldahl*, utilizando o fator de conversão de 6,25 para PB; matéria mineral, obtida pela queima da amostra a 600°C por três horas; fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e amido, conforme metodologia descrita por Detmann et al. (2021).

A partir dos teores dos nutrientes analisados, foram calculados o consumo e a digestibilidade da MS consumo e a digestibilidade da PB, o consumo e a digestibilidade da FDN, o consumo de FDA, o consumo e a digestibilidade do AM, amido fecal. Esses parâmetros foram determinados através da diferença entre a quantidade ofertada, as sobras e a excreção fecal.

Coleta e Análise Sanguínea

Os animais foram submetidos à coleta de sangue por venopunção da veia jugular, utilizando tubos Vacutainer® (BD, São Paulo, SP, Brasil), nos dias 11, 13 e 15 de cada fase experimental, com o objetivo de avaliar os componentes bioquímicos sanguíneos. As coletas foram realizadas às 08h00, antes do fornecimento da primeira refeição. No dia 15 de cada fase experimental, foi realizada, adicionalmente, a coleta destinada à determinação da curva glicêmica.

Para a avaliação da curva glicêmica amostras de sangue foram coletadas às 8:00 h (antes da primeira refeição), 11:00 h, 14:00 h, 17:00 h e 20:00 h, utilizando tubos contendo fluoreto de sódio e ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), empregados como inibidores glicolítico e anticoagulante, respectivamente. A segunda refeição foi fornecida após a última coleta do dia. As amostras sanguíneas foram centrifugadas a 3.500 rotações por minuto (*RPM*) durante 15 minutos, e o soro separado em alíquotas, armazenadas em tubos *eppendorf* de 1,5 mL, previamente identificados, e mantidas em freezer a -20°C para posterior análise laboratorial.

Para a avaliação dos metabólitos sanguíneos energéticos, enzimáticos e proteicos, foram coletados dois tubos: um contendo ativador de coágulo (sílica), destinado à mensuração de frutossamina, colesterol, triglicerídeos, lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), lipoproteína de baixa densidade (LDL), gamaglutamiltransferase (GGT), fosfatase alcalina (FAL) e aspartato aminotransferase (AST);

e outro contendo fluoreto para a análise de glicose, ambos coletados antes da primeira alimentação do dia. Todas as amostras foram processadas em um analisador automático de bioquímica PKL 125® (PKL Instrumentos Ltda., São Paulo, SP, Brasil), utilizando reagentes comerciais da Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, MG, Brasil). Os resultados foram expressos como a média das três coletas realizadas em cada fase experimental.

Análise estatística

O experimento foi conduzido em um delineamento em quadrado latino 5×5 , composto por cinco dietas experimentais, cinco repetições (animais) e cinco períodos, conforme o modelo proposto:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + P_j + F_k + T_l + E_{ijkl}$$

onde: Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média; Q_i = efeito aleatório do quadrado latino ($i = 1 - 5$); P_j = efeito aleatório do período ($j = 1 - 5$); F_k = efeito aleatório da unidade experimental (cordeiras; $k = 1 - 5$); T_l = efeito fixo da relação aditivos na dieta ($l = TE; EL; TL$ e TLE) e E_{ijkl} = erro residual.

Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC) e submetidos aos testes de normalidade residual (Shapiro–Wilk) e homogeneidade das variâncias (Levene). Quando necessário, os dados foram transformados por Box-Cox e. O modelo estatístico considerou o efeito fixo da dieta e do período e o animal como efeito aleatório. Realizou-se contraste para adição de aditivo na dieta (sem aditivo vs aditivo) e teste de Tukey entre as dietas com aditivo. O escore fecal foi considerado como não paramétrico e analisado por PROC GLIMMIX do SAS.

A curva de glicose foi avaliada como medida repetida no tempo, considerando o efeito da dieta, período, horário de avaliação e a interação entre dieta e horário como efeitos fixos. Para efeito do horário de avaliação, foram considerados contrastes linear e quadrático. A glicose foi submetida a análise de diferentes estruturas de covariância e analisada com base na estrutura de menor valor no intervalo de Akaike corrigido com base em sua log-verossimilhança de -2

res. As diferenças observadas no estudo foram descritas como significativas quando $P \leq 0,05$ e como tendência quando $0,05 < P \leq 0,10$.

3 RESULTADOS

Em relação ao consumo de nutrientes, a inclusão de aditivos elevou o CMS quando comparada à dieta sem aditivos ($P < 0,05$), além de apresentar tendência de aumento do CMS em relação ao peso metabólico ($\text{CMS}_{\text{PC}}^{0.75}$; $P = 0,08$). Observou-se ainda que CPB foi inferior no tratamento EY em relação aos demais tratamentos contendo aditivos ($P < 0,01$). No entanto, a inclusão de aditivos não influenciou o CMS em relação ao peso corporal (CMS_{PC}), CPB, CFDN, CFDA, CA e CA ajustado ao peso corporal (CA_{PC}) ($P > 0,05$; Tabela 4). Quanto à digestibilidade dos nutrientes, a inclusão de aditivos promoveu aumento significativo da digestibilidade de matéria seca (DMS; $P < 0,01$). Adicionalmente, as combinações EY e TE resultaram em maiores valores de DMS, digestibilidade de proteína bruta (DPB) e digestibilidade de amido (DA).

Tabela 4. Consumo de nutrientes de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta

Variável	Combinações de aditivos					EPM	P valor	
	C	EY	TE	TY	TYE		C x Ad	Ad
CMS, kg dia ⁻¹	1,605B	1,677A	1,697A	1,732A	1,831A	0,044	0,04	0,09
CMS _{PC} , kg dia ⁻¹	4,662	4,815	4,830	4,921	5,126	0,126	0,12	0,21
CMS _{PC} ^{0.75} , %	112,62	116,55	117,46	119,71	125,18	2,697	0,08	0,14
CPB, kg dia ⁻¹	0,303	0,274b	0,290ab	0,301a	0,300a	0,006	0,24	0,01
CFDN, kg dia ⁻¹	0,499	0,463	0,474	0,495	0,494	0,009	0,27	0,25
CFDA, kg dia ⁻¹	0,206	0,190	0,196	0,201	0,201	0,004	0,19	0,47
CA, kg dia ⁻¹	0,885	0,883	0,867	0,884	0,871	0,016	0,59	0,69
CA _{PC} , kg dia ⁻¹	2,558	2,531	2,462	2,510	2,439	0,042	0,13	0,19
DMS, %	69,11B	81,41Aa	80,02Aab	74,37Ac	76,92Abc	1,252	<0,01	0,01
DPB, %	84,34	89,07a	89,42a	83,60b	83,58b	1,009	0,16	<0,01
DFDN, %	80,44	81,37	79,57	79,84	79,40	1,095	0,79	0,42
DA, %	98,92	99,16a	99,16a	98,91b	98,89b	0,051	0,15	0,02

Controle = dieta sem aditivos; EY = enzima + levedura; TE = tanino + enzima; TY = tanino + levedura; TYE = tanino + levedura + enzima; CMS = consumo de matéria seca; CMS_{pc} = consumo de matéria seca em relação ao peso corporal, kg; CMS_{pc}^{0.75} = consumo de matéria seca em relação ao peso metabólico; CPB = consumo de proteína bruta; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; CFDA = consumo de fibra em detergente ácido; CA = consumo de amido; CA_{pc} = consumo de amido em relação ao peso corporal; DMS = digestibilidade da matéria seca; DPB = digestibilidade da proteína bruta; DFDN = digestibilidade da fibra em detergente neutro; DA = digestibilidade do amido; EPM = erro padrão da média; *Letras maiúsculas (A, B) representam efeito estatístico significativo para contraste da inclusão de aditivos, sendo dietas sem aditivos vs dietas com aditivos (C x Adt); **Letras minúsculas (a, b) representam efeito estatístico significativo considerando teste de Tukey apenas para dietas com aditivo.

As combinações de aditivos não influenciaram o consumo de água (CH₂O), seja em valores absolutos e em relação ao CMS (CH₂O_{CMS}) ou em relação ao volume urinário (CH₂O_{VU}). Observou-se, contudo, tendência de redução da excreção de nitrogênio urinário (NU) nos animais que receberam as combinações de aditivos (P=0,10). Não foram observados efeitos sobre o volume urinário (VU), densidade de urina (DU), balanço de nitrogênio (BN) e nitrogênio fecal (NF; P>0,05). Entretanto, os animais alimentados com EY apresentaram menor BN (P=0,02), enquanto aqueles que receberam TE apresentaram menor excreção de NF (P=0,03).

Tabela 5. Consumo de água, parâmetros urinários e balanço de nitrogênio de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta

Variável	Combinações de aditivos					EPM	P valor	
	C	EY	TE	TY	TYE		C x Ad*	Ad**
CH ₂ O, l dia ⁻¹	6,230	5,500	6,319	6,399	5,628	0,290	0,45	0,15
VU, l dia ⁻¹	3,620	3,317	3,465	3,339	3,042	0,251	0,34	0,81
DU	1,010	1,012	1,009	1,011	1,012	<0,001	0,53	0,12
BN, % dia ⁻¹	0,046	0,043b	0,050a	0,048 ^a	0,048a	0,001	0,62	0,02
NU, % dia ⁻¹	5,730	5,434	4,471	5,095	4,425	0,298	0,10	0,35
NF, dia ⁻¹	3,431	2,972ab	2,807b	3,449a	3,430a	0,113	0,20	0,03
CH ₂ O _{CMS} , l kg dia ⁻¹	3,635	3,533	3,501	3,627	3,409	0,96	0,58	0,80
CH ₂ O _{VU} , l dia ⁻¹	2,014	2,444	2,336	2,352	2,302	0,228	0,67	0,79

Controle = dieta sem aditivos; EY = enzima + levedura; TE = tanino + enzima; TY = tanino + levedura; TYE = tanino + levedura + enzima; CH₂O = ingestão de água; VU = volume urinário; DU = densidade urinária; BN = balanço de nitrogênio; NU = nitrogênio urinário; NF = nitrogênio fecal; CH₂O_{CMS} = ingestão de água em relação ao consumo de matéria seca; CH₂O_{VU} = ingestão de

água em relação ao volume urinário; EPM = erro padrão da média;*Letras maiúsculas (A, B) representam efeito estatístico significativo para contraste da inclusão de aditivos, sendo dietas sem aditivos vs dietas com aditivos (C x Adt); **Letras minúsculas (a, b) representam efeito estatístico significativo considerando teste de Tukey apenas para dietas com aditivo.

Os tratamentos TY e TYE resultaram em maior quantidade de fezes na matéria (FMN) e maior teor de fezes na matéria seca (FMS; $p < 0,01$). Contudo não foram observadas diferenças entre as combinações de aditivos quanto aos demais parâmetros fecais, matéria seca fecal (MSF), escore de fezes (EF) e amido fecal (AF) ($p > 0,05$; Tabela 7).

Tabela 6. Parâmetros fecais de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta

Variável	Combinações de aditivos					EPM	P valor	
	C	EY	TE	TY	TYE		C x Ad*	Ad**
FMN, kg dia ⁻¹	0,599	0,527bc	0,485c	0,613ab	0,703a	0,039	0,66	<0,01
FMS, % dia ⁻¹	0,197	0,159b	0,152b	0,206a	0,219a	0,013	0,38	<0,01
MSF, % dia ⁻¹	33,408	30,964	31,704	33,008	31,630	0,776	0,22	0,35
EF	2,20	2,00	2,12	2,20	2,12	0,049	0,44	0,19
AF, % l dia ⁻¹	4,468	4,524	4,082	4,214	4,240	0,081	0,16	0,12

Controle = dieta sem aditivos; EY = enzima + levedura; TE = tanino + enzima; TY = tanino + levedura; TYE = tanino + levedura + enzima; FMN = fezes na matéria natural; FMS = fezes na matéria seca; MSF = matéria seca fecal; EF = escore de fezes; AF = amido fecal; EPM = erro padrão da média;*Letras maiúsculas (A, B) representam efeito estatístico significativo para contraste da inclusão de aditivos, sendo dietas sem aditivos vs dietas com aditivos (C x Adt); **Letras minúsculas (a, b) representam efeito estatístico significativo considerando teste de Tukey apenas para dietas com aditivo.

As diferentes combinações de aditivos não influenciaram os metabólitos proteicos avaliados em cordeiras em crescimento ($p > 0,05$), assim como não alteraram as concentrações séricas de colesterol, HDL, AST e GGT ($p > 0,05$). No entanto, observou-se menor concentração sérica de colesterol no tratamento TE ($p = 0,03$) e maior concentração de LDL no tratamento EY ($p < 0,01$; Tabela 7).

Observou-se tendência de efeito entre os aditivos sobre as concentrações séricas de ureia ($P = 0,07$) e creatinina ($P = 0,10$), com maiores valores nos tratamentos EY e TE. Os níveis séricos de proteínas totais, ácido úrico, creatinina, colesterol, triglicerídeos, HDL, LDL, AST e FAL permaneceram dentro dos valores de referência propostos por Varanis et al., (2021). Entretanto,

a concentração de albumina foi inferior ao valor recomendado (1,12 vs 0,82 g dL⁻¹), enquanto a concentração de frutamina excedeu o intervalo de referência (413,61 vs 533,81 mol dL⁻¹). Além disso, os níveis séricos de GGT nos tratamentos C, TE, LE, e TLE apresentaram-se ligeiramente abaixo do limite recomendado (31 vs 29,76 U L⁻¹).

Tabela 7. Metabólitos proteicos, energéticos e enzimáticos de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta

Variável	Combinações de aditivos					EPM	P valor	
	C	EY	TE	TY	TYE		C x Ad*	Ad**
Albumina, g dL ⁻¹	0,886	0,883	0,803	0,786	0,759	0,061	0,38	0,73
Prot totais, g dL ⁻¹	6,365	6,529	6,458	6,303	6,491	0,083	0,36	0,11
Frutamina, mol dL ⁻¹	534,70	533,88	513,35	555,11	532,13	24,763	0,97	0,59
Ureia, mg dL ⁻¹	49,947	50,453	51,027	47,960	46,053	1,778	0,54	0,07
Ácido úrico, mg dL ⁻¹	0,292	0,301	0,311	0,357	0,298	0,016	0,37	0,11
Creatinina, mg dL ⁻¹	0,769	0,781	0,799	0,773	0,756	0,019	0,56	0,10
Triglicerídeos, mg dL ⁻¹	10,640	10,680ab	9,840b	11,327a	10,953a	0,307	0,92	0,03
Colesterol, mg dL ⁻¹	53,600	54,067	53,400	53,9200	53,800	0,854	0,85	0,96
HDL, mg dL ⁻¹	29,533	29,513	28,753	29,287	29,747	0,630	0,84	0,84
LDL, mg dL ⁻¹	25,467	27,702a	25,107b	25,333b	25,127b	0,776	0,45	<0,01
AST, U L ⁻¹	146,92	163,27	150,35	159,17	147,82	12,260	0,49	0,90
GGT, U L ⁻¹	30,493	31,093	29,613	29,780	29,167	1,075	0,59	0,38
FAL, U L ⁻¹	221,00	214,05b	212,92b	215,13b	246,71a	8,510	0,90	0,02

Controle = dieta sem aditivos; EY = enzima + levedura; TE = tanino + enzima; TY = tanino + levedura; TYE = tanino + levedura + enzima; HDL = lipoproteína de alta densidade; LDL = lipoproteína de baixa densidade; AST = aspartato aminotransferase; GGT = gama-glutamil transferase; FAL = fosfatase alcalina; EPM = erro padrão da média; *Letras maiúsculas (A, B) representam efeito estatístico significativo para contraste da inclusão de aditivos, sendo dietas sem aditivos vs dietas com aditivos (C x Adt); **Letras minúsculas (a, b) representam efeito estatístico significativo considerando teste de Tukey apenas para dietas com aditivo.

Quanto à curva glicêmica, a inclusão de aditivos elevou as concentrações séricas de glicose dos animais em comparação à dieta sem aditivos (68,58 vs 61,61 mg dL⁻¹). Observou-

se efeito linear dos horários de coleta sobre os níveis de glicose ($p < 0,01$), com as maiores concentrações registradas às 17h00 e as menores às 08h00. Entretanto, foi observada interação entre dieta e horário ($p = 0,78$), indicando que o padrão de variação diária da glicose manteve-se semelhante entre os tratamentos (Figura 1).

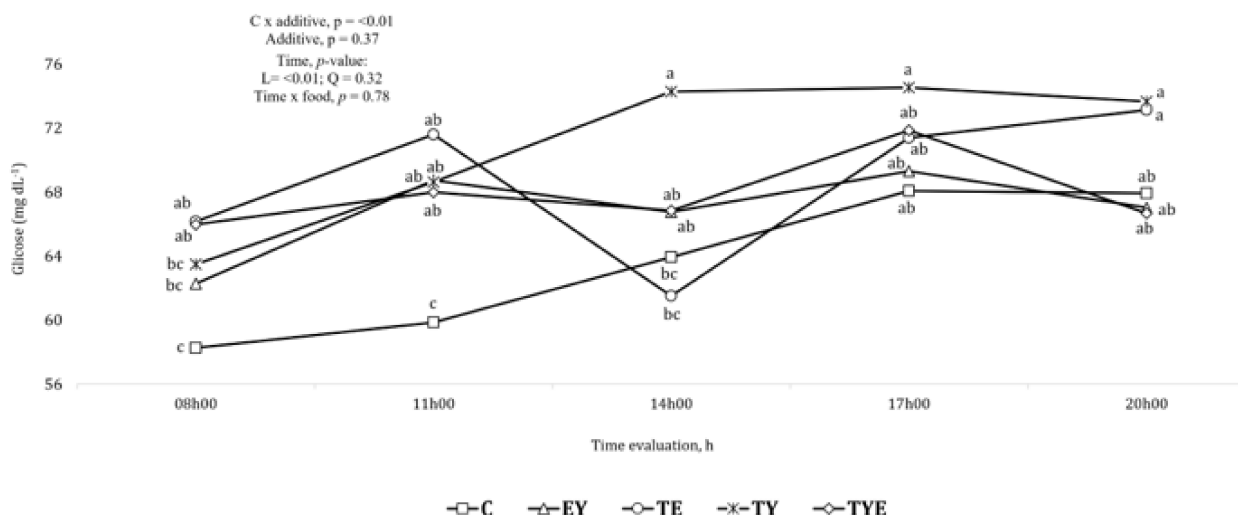


Figura 1. Curva de glicose de cordeiras alimentadas com dietas contendo ou não combinações de aditivos alimentares na dieta. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os horários de coleta ($p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

Ingestão e Digestibilidade aparente dos Nutrientes

De acordo com as recomendações do BR – Caprinos e Ovinos (2024), cordeiras em crescimento com peso médio de 35,25kg e ganho médio diário de (GMD) de 170 g dia⁻¹ devem apresentar consumo aproximado de 1,211 kg dia⁻¹ de MS. Neste estudo, entretanto observou-se que os animais apresentaram CMS superior ao valor preconizado, atingindo média de 1,708 kg dia⁻¹. O elevado CMS pode estar relacionado à composição da dieta, que continha 80% de concentrado. Dietas com elevada proporção de concentrado tendem a apresentar maior palatabilidade e promovem alterações na cinética da digesta ruminal, uma vez que apresentam menor teor de fibra, resultando em menor ocupação de espaço no rúmen e menor tempo de retenção da digesta, em função da maior taxa de passagem. Esse conjunto de fatores favorece o aumento da ingestão voluntária pelos ruminantes (Alqaisi et al., 2020; Mahrous et al., 2019).

O maior CMS observado nos tratamentos que receberam combinações de aditivos (78,18 vs 69,11), pode ser atribuído ao efeito sinérgico entre leveduras, enzimas amilolíticas e taninos sobre o ambiente ruminal e a eficiência de utilização dos nutrientes. A suplementação com leveduras favorece a estabilidade do rúmen, ao estimular o crescimento da microbiota ruminal e remover o oxigênio residual (Rodrigues et al., 2021), enquanto as enzimas amilolíticas aumentam a taxa e a extensão da degradação do amido, elevando a disponibilidade energética da dieta. De forma complementar, os taninos, quando utilizados em níveis moderados, reduzem a degradação excessiva da proteína no rúmen, melhorando o sincronismo entre energia e nitrogênio e o aporte de proteína metabolizável ao intestino (Terra-Braga et al., 2024).

Esses achados estão alinhados a estudos anteriores que avaliaram a inclusão isolada de levedura viva *Saccharomyces cerevisiae* e enzimas amilolíticas e também relataram aumento no CMS (Neiva et al., 2022; Fróes et al., 2024; Feitosa et al., 2025). Por outro lado, Santos et al. (2022), observaram que níveis acima de 3% de inclusão de tanino de quebracho na MS reduziram o CMS, enquanto a inclusão de 1% não promoveu alterações no consumo.

O CMS_{PC} auxilia na estimativa da ingestão relativa ao tamanho do animal, mas é afetado pela condição corporal. Por esse motivo, torna-se necessário corrigir essa estimativa utilizando o peso metabólico (PV^{0.75}), que reflete melhor o metabolismo energético (Manuel et al., 2019). Embora tenha sido observada diferença no CMS e tendência no CMS_{PC}^{0.75} entre os tratamentos, essa variação não se manteve quando o consumo foi ajustado pelo peso corporal. Isso ocorre

porque essas variáveis padronizam a ingestão em função do tamanho corporal, reduzindo a influência da variação individual de peso.

O maior CPB observado nos tratamentos TE, TY e TYE em comparação ao tratamento EY, pode estar associado à inclusão de taninos nesses tratamentos. Os TC podem modificar o metabolismo proteico em ruminantes ao reduzir a degradação ruminal da proteína dietética em amônia pelos microrganismos, aumentando o fluxo de proteínas não degradadas para o intestino delgado (Tontini et al., 2021). Esse mecanismo favorece maior disponibilidade e absorção de aminoácidos, o que pode explicar o incremento no CPB.

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos para CA, CA_{PC}, CFDN e CFDA pode ser atribuída ao fato de que não houve variação no CMS_{PC} entre os tratamentos. Ressalta-se que todos os animais receberam a mesma dieta basal, formulada com elevado teor de amido (52,4% da MS), sendo as diferentes combinações de aditivos a única variável experimental. Nesse contexto, observou-se alto CA e CA_{PC} em todos os tratamentos, evidenciando que os animais foram submetidos a uma condição nutricional caracterizada por elevada oferta desse carboidrato. Esses resultados indicam que a suplementação com diferentes combinações de aditivos não comprometeu o consumo de nutrientes, mesmo sob elevado consumo de amido.

Resultados semelhantes foram reportados por Sousa et al. (2023), que, avaliando o fornecimento de diferentes níveis de enzima amilolítica exógena em dietas de alto concentrado à base de milho, não observaram efeito sobre a ingestão de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, extrato etéreo e carboidratos totais. Por outro lado, Costa et al. (2021), encontraram que a inclusão de taninos condensados em até 40 g kg⁻¹ de matéria seca aumentou o consumo de proteína bruta, de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido em cordeiros. De forma semelhante ao presente estudo, Vilaça (2025) ao testar diferentes combinações de tanino, levedura *Saccharomyces cerevisiae* e enzimas amilolíticas em dietas de alto teor de concentrado para borregas em crescimento, também não verificou diferenças significativas no CA (0,800 kg dia⁻¹), CA_{PC} (3,65 kg dia⁻¹), CPB (0,260 kg dia⁻¹), CFDN (0,180 kg dia⁻¹) e CFDA (0,130 kg dia⁻¹).

A digestibilidade determina a fração de nutrientes realmente absorvida e utilizada pelo animal, influenciando diretamente crescimento e desempenho. Em condições normais, digestibilidade e consumo refletem o valor nutritivo da dieta (Zewdie, 2019). A inclusão de aditivos moduladores da fermentação ruminal pode otimizar a degradação dos componentes dietéticos e melhorar o aproveitamento dos nutrientes (Singh, 2015). No presente estudo, o

processamento do concentrado e a alta qualidade do volumoso favoreceram a exposição do amido e das frações fibrosas, ampliando o acesso dos microrganismos ruminais aos substratos.

A maior DPB e DA nos tratamentos EY e TE pode estar associada a ação da enzima amilolítica que favoreceu a hidrólise do amido, aumentando a disponibilidade de substratos energéticos no rúmen e no intestino delgado (Sousa et al., 2023), o que contribui para melhor sincronização entre energia e nitrogênio e maior eficiência da síntese de proteína microbiana. No tratamento EY, a presença da levedura auxiliou na estabilização do ambiente ruminal, estimulando a atividade da microbiota amilolítica e proteolítica e reduzindo variações no pH (Oliveira et al., 2020), o que potencializou a ação enzimática e promoveu maior aproveitamento do amido e da proteína. Por outro lado, os menores valores de DPB e DA observados nos tratamentos contendo tanino e levedura sugerem que a interação entre esses aditivos pode ter intensificado a formação de complexos tanino–nutriente, comprometendo o aproveitamento digestivo (Montoya et al., 2017). Infere-se, portanto, que o tanino tenha reduzido a utilização da proteína pela microbiota ruminal, refletindo em menor aproveitamento intestinal da proteína microbiana.

Ingestão hídrica, parâmetros urinária, parâmetros fecais e parâmetros nitrogenados

A ingestão de água pelos animais é influenciada por diversos fatores, incluindo peso corporal, consumo de matéria seca, ingestão energética, condições ambientais, restrição alimentar, qualidade da água, raça e estado fisiológico (Sahana et al., 2020). Dietas com maior teor de matéria seca, por sua vez, tendem a elevar o consumo hídrico.

A ausência de diferença significativa no CHO e $\text{CH}_2\text{O}_{\text{CMS}}$ entre os tratamentos pode ser explicada pela similaridade das dietas basais utilizadas em todos grupos experimentais. De acordo com o NRC (2007), há uma correlação direta entre o CMS e o CHO, sendo estimado que, para cada 1 kg de MS consumido, os animais ingerem aproximadamente 2,78 litros de água. Neste estudo, os animais consumiram, em média 6,01 L de água, aproximadamente 27% superior ao preconizado pelo NRC (2007). Esse maior consumo hídrico pode estar relacionado às características fisiológicas dos animais jovens, que apresentam metabolismo mais acelerado e, conseqüentemente, maior demanda de água para manutenção dos processos metabólicos e para a termorregulação (Mosneh & Getachew, 2025). Além disso, a maior proporção de tecido muscular e a menor deposição de gordura corporal nesses animais resultam em maior conteúdo hídrico corporal o que contribui para a elevação do consumo de água. Ademais, a dieta

experimental apresentava um teor de MS de 77%, o que também pode ter contribuído para intensificar a ingestão de água.

Vilaça (2025) relatou efeito da inclusão de combinações de aditivos na dieta de ovinos alimentados com dietas com alto teor de amido sobre o $\text{CH}_2\text{O}_{\text{CMS}}$. Os animais que receberam a combinação de tanino e enzima apresentaram menor ingestão ($2,31 \text{ L kg}^{-1}$) em comparação aos demais tratamentos ($3,07 \text{ L kg}^{-1}$). Neiva et al., (2022) também relataram que ovinos suplementados com enzimas amilolíticas ingeriram menos água do que aqueles que receberam enzimas fibrolíticas isoladas ou a combinação de enzimas amilolíticas e fibrolíticas ($2,84$ vs $3,40 \text{ L kg}^{-1}$). Esses resultados sugerem que a inclusão de determinados aditivos pode modificar a dinâmica da ingestão hídrica pelos animais, embora tal efeito não tenha sido observado no presente estudo.

De acordo com Dukes et al. (2006), em ovinos, a excreção urinária esperada varia entre 100 e 400 mL para cada 10 kg de peso corporal. Considerando que os animais do presente estudo apresentavam peso médio de 35,25 kg, o VU deveria situar-se entre 352,5 mL e 1.410 mL por dia. No entanto, o VU observado foi aproximadamente 138% superior ao limite máximo recomendado, o que pode ser explicado pelo maior CH_2O registrado, refletindo diretamente na elevação da relação entre $\text{CH}_2\text{O}_{\text{VU}}$ ($2,29 \text{ L dia}^{-1}$). Esse aumento na excreção também justifica a média da DU de 1,011, valor inferior ao intervalo de referência para ovinos (1,015 e 1,045) descrito por Antonelli et al., (2012). Embora os valores situem fora da faixa considerada normal, os animais não apresentaram sinais clínicos de efeitos deletérios, indicando que essas alterações foram provavelmente fisiológica e decorrentes do aumento da ingestão de água.

Os tratamentos TE, TY e TYE apresentaram maior BN, indicando melhor retenção de nitrogênio ao longo de todo o trato gastro intestinal pode estar associado aos efeitos dos TC sobre o metabolismo proteico ao longo de todo o trato gastro intestinal (Mansilla et al., 2015). Esses compostos modulam o aproveitamento do N ao reduzir degradação ruminal da proteína e aumentar o aporte de aminoácidos no intestino delgado, favorecendo a síntese de proteína microbiana e melhorando a eficiência de utilização do N (Fróes & Pinheiro, 2023).

De modo geral, a excreção de NF apresenta correlação positiva com a ingestão de matéria orgânica (Shabier et al., 2022). O maior NF observado nos tratamentos TY e TYE pode ser atribuído à maior taxa de passagem e a combinação entre maior CMS, maior produção de FMN e menor DPB, indicando menor eficiência na utilização do nitrogênio dietético.

Conforme relatado por Liu (2005), Kwak (2016), Morgado (2014) e Moreno (2017), os valores de NU em ovinos podem variar entre 4,00 e 10,69 g dia^{-1} , enquanto os valores de NF

variam de 2,80 a 10,77 g dia⁻¹. Os animais apresentaram médias de NU e NF de 5,03 e 3,18 g dia⁻¹, respectivamente, permanecendo dentro das faixas relatadas na literatura. Neiva et al., (2022) observaram que a inclusão de enzimas amilolíticas, isoladas ou associadas a enzimas fibrolíticas, não influenciou significativamente os valores de NU e NF. No entanto, os autores relataram efeito positivo sobre o BN, sendo que os animais do grupo controle apresentaram BN inferior em comparação àqueles que receberam enzimas exógenas (9,42 vs. 15,22 g dia⁻¹).

O aumento da FMS observado nos tratamentos TY e TYE, sugere maior proporção de excreção fecal em relação à ingestão de MS. Tal divergência indica que a interação entre os aditivos utilizados pode ter modulado o microbioma ruminal de forma distinta, reduzindo a DMS e, consequentemente, aumentando o volume de fezes excretadas. Ressalta-se, portanto que a resposta de ovinos à combinações de aditivos pode variar de acordo com a composição da dieta e as características dos ingredientes utilizados.

Segundo Van Clef et. al., (2010), os valores de referência para MSF em ovinos variam de 37% a 44%. Os animais deste estudo apresentaram ligeiramente inferiores (32%), possivelmente em razão do baixo teor de volumoso (20%), o que tende a aumentar a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal e reduzir o tempo de retenção, resultando em menor concentração de MS nas fezes. Adicionalmente, a elevada ingestão de água observada durante o período experimental pode ter contribuído para a redução da MSF. O EF está diretamente associado ao teor de MSF, sendo que, maiores escores indicam menor concentração de MSF (Ferreira et al., 2017). De acordo com Dickson e Jolly (2011), o EF considerado normal é 2, os valores observados neste estudo se mantiveram próximo (2,13). Assim apesar das diferenças observadas entre a FMN e FMS e da redução MSF, todos os parâmetros permaneceram próximos dos valores de referencia, indicando ausência de distúrbios gastrointestinais nos animais.

A quantificação de amido fecal em ruminantes é uma ferramenta prática para avaliar a digestibilidade do amido e a eficiência alimentar. Como a concentração de amido nas fezes reflete diretamente a fração não digerida, sua análise permite inferir a eficiência do processamento da dieta, a adequação do fornecimento e o aproveitamento dos nutrientes, além de possibilitar comparações entre diferentes grupos ou raças quanto à capacidade digestiva (Fredin et al., 2014; Oliveira et al., 2017). A ausência de efeito dos aditivos sobre o AF, indicam que o amido fornecido na dieta foi eficientemente aproveitado, sem indícios de distúrbios digestivos que comprometessem a eficiência digestiva.

Perfil metabólico

Os valores de referência hematológicos e bioquímicos são fundamentais para estabelecer parâmetros de base, realizar o monitoramento e auxiliar no diagnóstico de alterações metabólicas e doenças. Entre os metabólitos mais utilizados para a avaliação do perfil nutricional de ruminantes destacam-se os relacionados ao metabolismo energético e proteico. Contudo, além da interpretação do perfil metabólico, é imprescindível considerar fatores associados ao manejo, à saúde e ao estado fisiológico dos animais (Oliveira et al., 2019).

Perfil enegético

Os principais metabólitos energéticos utilizados para avaliar o estado metabólico de ruminantes incluem glicose, beta-hidroxibutirato, ácidos graxos livres, colesterol e triglicerídeos, pois refletem a fermentação e o aproveitamento de carboidratos no rúmen (Oliveira et al., 2019). A glicose é fundamental para tecidos metabolicamente ativos e para processos biossintéticos essenciais ao desempenho produtivo (Aguerre et al., 2015). Como ruminantes não absorvem glicose diretamente da dieta devido à fermentação ruminal, suas demandas glicêmicas são supridas principalmente pela gliconeogênese hepática, utilizando precursores como o propionato.

O aumento das concentrações séricas de glicose nos animais que receberam as combinações de aditivos indica maior eficiência na utilização do amido, possivelmente associada à modulação da fermentação ruminal e à maior disponibilidade de propionato. Considerando que o sorgo foi a principal fonte de amido na dieta, a maior proporção de amilopectina em relação à amilose (79,81 vs 20,19) confere a esse cereal uma taxa de fermentação ruminal mais lenta quando comparada ao milho (Ping et al., 2019), favorecendo maior escape de amido para o intestino delgado e digestão enzimática, além de uma liberação mais gradual de energia no rúmen (Berchielli et al., 2011).

A elevação observada entre 11h00 e 17h00 coincide com o período de maior atividade fermentativa após o fornecimento da dieta às 08h00, fase caracterizada por intensificação da produção e absorção de AGV's. A dieta exerce papel determinante na proporção de acetato:propionato (Wang et al., 2020), sendo que o propionato é o principal AGV's gliconeogênico em ruminantes (Oliveira et al., 2020). Assim, dietas com maior suprimento de carboidratos solúveis tendem a elevar a glicemia. Após sua absorção, no rúmen, o propionato é transportado pela circulação portal até o fígado, sendo captado pelos hepatócitos e convertido em glicose por meio da gliconeogênese, principalmente nas mitocôndrias e no citosol. Essa

glicose é liberada na circulação sistêmica pelo fígado, sendo disponibilizada como fonte energética para os tecidos periféricos (Varanis et al., 2021).

Rodrigues et al. (2021), Siqueira et al. (2022) e Schuh et al. (2025) não observaram alterações na glicemia de ovinos suplementados com enzimas fibrolíticas associadas à levedura *Saccharomyces cerevisia*. Resultados semelhantes foram relatados por Vilaça (2025) ao avaliar combinações de taninos, leveduras e enzimas. Essas divergências podem estar relacionadas à fonte de amido utilizada. Neste estudo, o sorgo moído foi utilizado como principal fonte de amido, enquanto Vilaça (2025) utilizou milho moído. Essas fontes diferem quanto à estrutura do amido, especialmente na proporção de amilose e amilopectina, o que influencia a taxa de degradação ruminal e a extensão da digestão do amido. Ovinos alimentados com sorgo apresentam maior resposta glicêmica e menor resposta insulínica do que aqueles alimentados com milho, refletindo diferenças na taxa de fermentação ruminal, no perfil e na absorção de AGV, bem como na disponibilidade de glicose pós-ruminal e na regulação hormonal associada (Achmadi., 2007).

Os lipídios plasmáticos são constituídos principalmente por colesterol, fosfolipídios e triglicerídeos. Em ruminantes, o colesterol pode ser obtido pela dieta ou sintetizado endogenamente, sobretudo no fígado, a partir de acetil-CoA derivado do ácido acético produzido na fermentação ruminal (Silva et al., 2020). No metabolismo lipídico, o HDL atua no transporte reverso de colesterol, removendo-o dos tecidos periféricos e conduzindo-o ao fígado, enquanto o LDL tem como principal função transportar colesterol hepático para os demais tecidos (Zhang et al., 2022). Dessa forma, o equilíbrio entre HDL e LDL é fundamental para a manutenção da homeostase lipídica e, conseqüentemente, para a saúde metabólica.

Observou-se que as concentrações séricas de triglicerídeos, colesterol total, HDL e LDL permaneceram dentro dos valores de referência, mesmo sob dieta de elevada densidade energética. Esse resultado sugere que, apesar do alto teor de amido, não houve acúmulo excessivo de lipídios circulantes, indicando eficiente utilização metabólica dos substratos energéticos pelos animais.

Os tratamentos EY, TY e TYE apresentaram maiores concentrações de triglicerídeos, possivelmente devido a um efeito sinérgico dos aditivos sobre o metabolismo energético e lipídico, favorecendo maior disponibilidade ou mobilização de ácidos graxos circulantes. A suplementação com leveduras no tratamento EY pode ter aumentado a eficiência fermentativa ruminal e a produção de ácidos graxos voláteis, especialmente propionato, principal precursor da gliconeogênese hepática em ruminantes.

O aumento do propionato, eleva a síntese hepática de glicose, o excedente de glicose é direcionado à lipogênese para formação de ácidos graxos, esterificação em triglicerídeos e síntese de colesterol. Esse processo promove maior secreção hepática de lipoproteínas, especialmente LDL, responsáveis pelo transporte de lipídios na circulação. Nueraihemaiti et al. (2025), demonstraram que culturas de levedura intensificam a fermentação ruminal, mudando o perfil para maior produção de propionato, regulando a microbiota e melhorando a eficiência digestiva. Assim, os maiores valores de triglicerídeos e LDL no tratamento EY refletem o aumento da fermentação e o maior aporte energético, além da ativação das vias lipogênicas hepáticas decorrentes da maior disponibilidade de glicose.

A frutossamina é uma cetoamina estável formada a partir da reação não enzimática da glicose com grupos amina de proteínas plasmáticas, principalmente a albumina (Varanis et al., 2021), sendo um marcador confiável da glicemia média das últimas duas a três semanas (Lundholm et al., 2020). Os valores médios de frutossamina observados em todos os tratamentos situaram-se acima dos intervalos de referência proposto por Varanis et al. (2021), que variam de 111 a 413,61 mol dL⁻¹. Esse resultado pode estar associado aos elevados coeficientes de CMS, DMS e DA, os quais potencializam a formação de ácido propiônico. Esse ácido é convertido em glicose e absorvido no intestino delgado, promovendo aumento da glicemia plasmática e, conseqüentemente, maior formação de frutossamina. Embora concentrações elevadas de frutossamina possam, em determinadas condições, indicar maior risco de distúrbios metabólicos associados a dietas com alta fermentabilidade, não foram observadas alterações clínicas ou metabólicas indicativas de desequilíbrio nutricional nos animais ao longo do período experimental.

Perfil proteico

Os principais metabólitos utilizados para avaliar o perfil proteico de ruminantes incluem proteínas totais, albumina e ureia, os quais indicam se a oferta de proteína na dieta é adequada. A albumina, que representa cerca de 60–65% das proteínas séricas, é sintetizada majoritariamente no fígado e distribuída entre os compartimentos intravascular e intersticial. Como sua produção corresponde a grande parte das proteínas plasmáticas, alterações em sua concentração influenciam diretamente os níveis de proteína total (Shevtsova et al., 2021; Fitriani et al., 2022). Além disso, a albumina é essencial para manter a pressão osmótica e atuar no transporte de moléculas pouco solúveis, como hormônios, ácidos graxos e bilirrubina.

Assim, reduções na síntese ou na função da albumina podem comprometer a estabilidade vascular e o equilíbrio metabólico dos animais (Miglio et al., 2015).

Os animais apresentaram concentrações séricas de albumina inferiores aos valores de referência (0,82 vs 1,12). Esse resultado parece estar mais relacionado ao elevado teor de amido presente na dieta do que ao uso de aditivos, uma vez que tanto o grupo controle quanto os tratamentos com combinações de aditivos apresentaram valores reduzidos. A albumina, além de ser utilizada como indicador do estado proteico, constitui a principal proteína plasmática responsável pelo transporte de ácidos graxos não esterificados, podendo apresentar variações em condições de maior oferta energética e redistribuição metabólica, sem necessariamente indicar deficiência proteica (Van der Vusse, 2009).

Apesar da redução nos níveis séricos de albumina, os demais indicadores do metabolismo proteico, proteínas totais, ureia, ácido úrico e creatinina permaneceram dentro dos intervalos de referência recomendados para a espécie. Embora não foram observadas diferenças estatísticas, deve-se considerar a tendência de elevação nos níveis séricos de ureia e creatinina, possivelmente associada a ajustes fisiológicos no turnover proteico e no metabolismo nitrogenado frente à dieta altamente fermentescível.

A média de CPB foi de 0,294 g dia⁻¹, associada a uma digestibilidade aparente de 86%, demonstra adequado fornecimento de proteína e eficiente utilização da fração nitrogenada da dieta. Esses resultados são corroborados pelo balanço de nitrogênio (BN) positivo, indicando retenção adequada de nitrogênio e ausência de catabolismo proteico excessivo. Dessa forma, mesmo considerando as tendências observadas para ureia e creatinina, os dados de CPB, DPB e BN confirmam que a inclusão dos aditivos nas combinações testadas não comprometeu o metabolismo proteico dos animais. Desse modo, a inclusão de aditivos nas combinações testadas não comprometeu metabolismo proteico dos animais.

O aumento das concentrações séricas de ureia e creatinina observado nos tratamentos EY e TE está de acordo com achados da literatura que relatam efeitos dos aditivos sobre o metabolismo proteico. Halfen et al. (2021), observaram que a suplementação com leveduras pode aumentar a síntese de proteína microbiana ao reduzir o NH₃-N ruminal, promovendo maior estabilidade fermentativa e diminuindo a necessidade de conversão de amônia em ureia no fígado. De forma semelhante Thompson et al. (2025), relataram que TC formam complexos com as proteínas presentes no rúmen, reduzindo sua degradação a NH₃ e, conseqüentemente a demanda por conversão hepática em ureia. Por outro lado Rodrigues et al. (2022), observaram que a suplementação com enzimas amilolíticas elevou significativamente os níveis séricos de

ureia., possivelmente em função do maior aporte energético e da intensificação do metabolismo nitrogenado. Em conjunto, esses resultados sugerem que as combinações de aditivos utilizados nos tratamentos EY e TE modularam o metabolismo proteico, refletindo-se em alterações nas concentrações séricas de ureia e creatinina sem indicar comprometimento metabólico.

Perfil enzimático

A AST, GGT e FAL são marcadores importantes para diagnósticos da saúde hepática e muscular em ruminantes (Varanis et al., 2021). A atividade sérica dessas enzimas refletem diferentes tipos de alterações hepáticas, variando conforme sua especificidade tecidual, localização celular e tipo de lesão. Enzimas como ALT, AST, SDH e LDH estão associadas a danos hepatocelulares, a FAL e a GGT relacionam-se principalmente à colestase, inflamação hepática ou crescimento ósseo (Fauquier et al., 2008). Para uma avaliação mais precisa de possíveis danos hepáticos, recomenda-se a interpretação da GGT em conjunto com outras enzimas específicas (Braun et al., 1986).

Apesar da leve redução da GGT, os animais mantiveram-se clinicamente saudáveis durante todo o período experimental, sem indício de distúrbios hepáticos ou outras alterações metabólicas relevantes. Essa variação discreta pode estar relacionada a características fisiológicas da fase de crescimento, e não a efeitos adversos dos tratamentos, uma vez que AST e GGT permaneceram dentro dos valores de referência propostos por Varanis et al. (2021), indicando ausência de lesão hepática.

Por outro lado, o aumento nos níveis séricos de FAL observado no tratamento TYE pode estar associado ao aumento da demanda metabólica hepática, decorrente da intensificação dos processos digestivos e fermentativos promovidos pela dieta altamente fermentescível e a combinação de tanino, enzima e levedura. Este fato é reforçado pelo aumento da frutossamina, que reflete elevação do aporte de glicose e do estado energético dos animais, pela maior disponibilidade energética, o excedente pode ser direcionado à síntese e ao armazenamento de lipídios, principalmente na forma de triacilgliceróis. Intensificando a atividade metabólica do fígado, especialmente nos processos de gliconeogênese, metabolismo lipídico e fluxo hepatobiliar, refletindo-se no aumento da FAL. A ausência de alterações concomitantes em outros marcadores hepáticos, sugere que essa elevação representa uma adaptação fisiológica ao maior aporte de metabólitos, estimulando a atividade enzimática (Fauquier et al., 2008).

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a combinações de levedura, taninos e enzimas amilolíticas em dietas rica em amido para cordeiras, nas doses de 2,0; 0,15 e 0,5 g kg⁻¹ de MS, exerce efeito sinérgico em relação à dieta controle, refletindo em maior CMS e em aumento da DMS, além de elevar as concentrações séricas de glicose, sem comprometer os parâmetros metabólicos energéticos, proteicos e enzimáticos.

REFERÊNCIAS

- Achmadi, J., Pangestu, E., & Wahyono, F. (2007). Glucose tolerance and insulin response to intravenous glucose load in sheep fed on germinated sorghum grain. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(10), 1575-1579. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.1575>.
- Aguerre, M., Carriquiry, M., Astessiano, A. L., Cajarville, C., & Repetto, J. L. (2015). Effect of sorghum grain supplementation on glucose metabolism in cattle and sheep fed temperate pasture. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(3), 465-473. doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.12220>.
- Antonelli, A. C., Júnior, R. A. B., Mori, C. S., Sucupira, M. C. A., Marcello, A. C. S., & Ortolani, E. L. (2012). Efeito de diferentes fontes energéticas na predisposição para urolitíase em cabritos. *Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science*, 13(4), 487-493. doi: <https://doi.org/10.5216/cab.v13i4.15617>.
- Attia, M. F., El-Din, A. N., El-Shazly, K. A., & Sallam, S. M. (2013). Effect of quebracho tannins supplementation on nutrients utilization and rumen fermentation characteristics in sheep. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 58, 161-178. Doi: <https://sl1nk.com/34dDH>
- Berça, A. S., Tedeschi, L. O., da Silva Cardoso, A., & Reis, R. A. (2023). Meta-analysis of the relationship between dietary condensed tannins and methane emissions by cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 298, 115564. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115564>
- Braun, J. P., Bézille, P., & Rico, A. G. (1986). Biochemical semiology of the liver in ruminants. *Reproduction, Nutrition, Developpement*, 26(1B), 227-243. <https://11nq.com/fbMej>.
- BR-caprinos & ovinos. Exigências nutricionais de caprinos e ovinos. (2025). *Exigências nutricionais de caprinos e ovinos: br-caprinos & ovinos*. <https://brcaprinoseovinos.ufc.br/pt/>
- Costa, E. D. S., Ribiero, C. V. D. M., Silva, T. M., Ribeiro, R. D. X., Vieira, J. F., Lima, A. D. O., ... & Oliveira, R. L. (2021). Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, serum metabolites and growth performance of lambs supplemented with *Acacia mearnsii*

- condensed tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 272, 114744.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114744>.
- Dickson, H., & Jolly, S. (2011). National procedures and guidelines for intensive sheep and lamb feeding systems. *Meat and Livestock Australia: Sydney*. ISBN:9781741919141
[Updated - National procedures and guidelines for intensive sheep and lamb feeding systems - Final](#)
- Dukes, H. H., Reece, W. O., Figueiredo, C., Vanzellotti, I. R., & Zanon, R. F. (2006). *Fisiologia dos animais domésticos* (Vol. 1).
- Fauquier, D. A., Mazet, J. A., Gulland, F. M., Spraker, T. R., & Christopher, M. M. (2008). Distribution of tissue enzymes in three species of pinnipeds. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 39(1), 1-5. doi: <https://doi.org/10.1638/2006-0012.1>.
- Feitosa, T. R. M., Sousa, L. F., Ferreira, D. A., Oliveira, K. A., Schultz, E. B., de Oliveira, M. R., ... & Macedo Jr, G. D. L. (2024). Combination of active and inactive yeast and its use as an additive for confined ewe lambs: nutritional parameters. *SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS*, 46(1), 169-182. doi:<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n1p169>.
- Feitosa, T. R. M., Sousa, L. F., Ferreira, D. A., Oliveira, K. A., Schultz, E. B., De, M. R., ... & Macedo, G. D. L. (2025). Active yeast supplementation on nutritional parameters of ewe lambs fed a high-concentrate diet. *SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS*, 46(1), 267-284.<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n1p267>.
- Ferreira, L. C. A. (2017). Avaliação da correlação entre escore fecal e matéria seca das fezes de bezerros neonatos com diarreia por *Cryptosporidium parvum*. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 15, 503-504. <https://shre.ink/MW1I>.
- Fitriani, N., Astuti, P., Airin, C. M., Sarmin, S., & Adianto, N. (2022). Comparison of Albumin/Globulin (A/G) Ratio Between Pregnant and Lactation of Thin-Tail Sheep. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 49, p. 01010). EDP Sciences. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224901010>.
- Freitas, M. A. G. D., Siqueira, G. B., & Siqueira, F. L. T. (2014). Avaliação do uso do resíduo farelo de babaçu (*Orbignya* sp) na alimentação de ruminantes. *Interações (Campo Grande)*, 15, 59-70. doi: <https://doi.org/10.1590/S1518-70122014000100006>.
- Fróes, R., Bezerra, L., Missasse, J., Castro, D., Barbosa, A., Arce-Cordero, J., ... & Oliveira, R. (2024). Effects of yeast and exogenous fibrolytic enzyme additives on lamb performance and feed efficiency. *Tropical Animal Health and Production*, 56(7), 235. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04095-8>.

- Hassanpour, S., Sadaghian, M., MaheriSis, N., Eshratkhah, B., & ChaichiSemsari, M. (2011). Effect of condensed tannin on controlling faecal protein excretion in nematode-infected sheep: in vivo study. *Journal of American Science*, 7(5), 896-900. doi: <http://www.americanscience.org/>.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). (2025). *Dados de temperatura e umidade – Estação Uberlândia (Código: A507) – Período: 23/10/2023 a 05/01/2024*. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>
- Kwak, W. S., Kim, Y. I., Choi, D. Y., & Lee, Y. H. (2016). Effect of feeding mixed microbial culture fortified with trace minerals on ruminal fermentation, nutrient digestibility, nitrogen and trace mineral balance in Sheep. *Journal of animal science and technology*, 58, 1-8. doi: <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0102-8>.
- Liu, X., Wang, Z., & Lee, F. (2005). Influence of concentrate level on dry matter intake, N balance, nutrient digestibility, ruminal outflow rate, and nutrient degradability in sheep. *Small Ruminant Research*, 58(1), 55-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.08.007>.
- Mahrous, A. A., Fayed, A., & Zelaky, O. A. (2019). Influence of supplementing live yeast to rations varied in roughage to concentrate ratio on productive performance of lactating zaraibi goats. *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences*, 14(1), 11-23. doi: <https://doi.org/10.21608/ejsgs.2019.33234>.
- Mansilla, W. D., Columbus, D. A., Htoo, J. K., & de Lange, C. F. (2015). Nitrogen absorbed from the large intestine increases whole-body nitrogen retention in pigs fed a diet deficient in dispensable amino acid nitrogen. *The Journal of nutrition*, 145(6), 1163-1169. doi: <https://doi.org/10.3945/jn.115.212316>
- Manuel, M., Cavani, L., Millen, D. D., Andrighetto, C., Lupatini, G. C., & Fonseca, R. D. (2019). Estimation of genetic parameters for weight traits and Kleiber Index in a Brahman cattle population. *Scientia Agricola*, 76(6), 459-462. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0062>.
- Miglio, A., Antognoni, M. T., Maresca, C., Moncada, C., Riondato, F., Scoccia, E., & Mangili, V. (2015). Serum protein concentration and protein fractions in clinically healthy Lacaune and Sarda sheep using agarose gel electrophoresis. *Veterinary clinical pathology*, 44(4), 564-569. doi: <https://doi.org/10.1111/vcp.12302>

- Mosneh, A., & Getachew, M. (2025). Review on Water Requirement and Utilization in Farm Animal. *International Journal of Bioorganic Chemistry*, 10(1), 15-23. doi: <https://doi.org/10.11648/j.ijbc.20251001.12>
- Moreno, G. M. B., Borba, H., de Araújo, G. G. L., Voltolini, T. V., de Moraes, S. A., da Silva Sobrinho, A. G., ... & Buzanskas, M. E. (2017). Digestibilidade e desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo feno de erva-sal. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(1), 455-466. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p455>.
- Morgado, E. D. S., Bertocco Ezequiel, J. M., Galzerano, L., & Santos, V. C. (2014). Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com alto teor de amido ou fibra solúvel em detergente neutro associados ao óleo de girassol. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p457>.
- Newbold, C. J., & Ramos-Morales, E. Review: ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. *Animal*. 2020; 14 (S1): s78–86. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731119003252>.
- Nueraihemaiti, G., Huo, X., Zhang, H., Shi, H., Gao, Y., Zeng, J., ... & Lou, K. (2025). Effect of Diet Supplementation with Two Yeast Cultures on Rumen Fermentation Parameters and Microbiota of Fattening Sheep In Vitro. *Microorganisms*, 13(3), 550. doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms13030550>
- Oliveira, B. M., das Graças Amaral, A., de Mesquita, R. C., dos Anjos, V. F. L., Cardoso, N. M., & Pereira, L. M. C. (2017). Avaliação de perda de amido nas fezes de bovinos confinados. *Anais da Semana do Curso de Zootecnia-SEZUS*, 11(1). <https://shre.ink/MUCY>.
- Oliveira, K. A., Júnior, G. D. L. M., Araújo, C. M., Sousa, L. F., de Araújo, M. J. P., & Siqueira, M. T. S. (2020). Different roughage to concentrate ratios in extruded ration and metabolic parameters of growing lambs Diferentes relações de volumoso e concentrado na ração extrusada e parâmetros metabólicos de borregas em crescimento. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 41(5), 1653-1666. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5p1653>
- Oliveira, K. A., Júnior, G. D. L. M., Varanis, L. F. M., Araújo, C. M., de Assis, T. S., Siqueira, M. T. S., & Sousa, L. F. (2019). Nutritional parameters of lambs fed extruded

- ration with different roughage to concentrate ratios. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(5), 1979-1990. doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n5p1979>.
- Ping, W. A. N. G., Ning, X. U., Gui-shan, S. H. I., Miao, Y. U., Nai, W. A. N. G., Ji-hong, L. I., ... & Xiao-chun, L. U. (2019). Genome-wide association study for starch content and constitution in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Journal of Integrative Agriculture*, 18(11), 2446-2456. doi: [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(19\)62631-6](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(19)62631-6)
- Rodrigues, G. R. D., Schultz, E. B., Siqueira, M. T. S., Fonseca, A. L., de Oliveira, M. R., Silva, D. A. D. P., & Macedo Junior, G. D. L. (2021). Use of active and inactive yeasts in lamb diets: intake, digestibility, and metabolism. doi: <https://doi.org/10.14393/VTN-v27n2-2021-58884>
- Sahana, M., Modi, R. J., Trivedi, M. M., Islam, M. M., & Wadhwani, K. N. (2020). Impact of Watering Frequencies and Rehydration on Physiological Responses of Indigenous Sheep. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(8), 557-561. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.063>.
- Santos, S. K., de Fátima França Biz, J., Salgado, J. A., de Macedo, R. E. F., & Sotomaior, C. S. (2022). Intake and performance of growing lambs supplemented with quebracho tannins. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), 71. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03043-8>
- Schuh, B. R. F., Bernardi, A., Daley, V. L., Fernandes, S. R., & de Freitas, J. A. (2025). Can the supplementation of autolyzed yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) affect the diet digestibility, feeding behavior, levels of blood metabolites, and performance of Dorper× Santa Ines lambs finished in feedlot?. *Tropical Animal Health and Production*, 57(1), 24. doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04268-5>.
- Shabier, A., Jordan, G., Buerkert, A., Zhang, X., & Schlecht, E. (2022). Seasonal Variations in Voluntary Intake and Apparent Digestibility of Forages by Goats in the Chinese Altai Mountains. *Animals*, 12(13), 1652. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12131652>
- Shevtsova, A., Gordiienko, I., Tkachenko, V., & Ushakova, G. (2021). Ischemia-modified albumin: origins and clinical implications. *Disease Markers*, 2021(1), 9945424. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9945424>.
- Silva, P. D. A., Varanis, L. F. M., Oliveira, K. A., Sousa, L. M., Siqueira, M. T. S., & Júnior, G. D. L. M. (2020). Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. *Caderno de ciências agrárias*, 12, 1-5. doi: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20404>.

- Siqueira, M. T. S., Souza, A. M. D., Schultz, E. B., Oliveira, K. A., Sousa, L. F., & Júnior, G. M. (2022). Nutritional and metabolic parameters of ewe lambs fed yeast in the diet containing fibrolytic enzyme. *Boletim de Indústria Animal*, 79, 1-14. doi: <https://doi.org/10.17523/bia.2022.v79.e1507>.
- Sousa, L. F., de Sousa, J. T. L., Schultz, E. B., Feitosa, T. R. M., Gomes, V. C., Luna, R. E. M., & Júnior, G. D. L. M. (2023). Ewes fed high-concentrate diets containing flint corn and increasing levels of exogenous amylolytic enzyme: effects on nutrient intake and digestibility. *Semina: Ciências Agrárias*, 44(3), 1197-1206. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n3p1197>.
- Tontini, J. F., Silva, J. A. D., Farias, M. D. S., & Poli, C. H. E. C. (2021). Respostas na fisiologia da digestão ruminal ao uso de taninos na alimentação de ruminantes. *Pubvet. Londrina. Vol. 15, n. 3 (mar. 2021), a780, p. 1-14*. doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n03a780.1-14>
- Valcl, N., & Lavrenčič, A. (2025). Effect of tannins and drying methods on in vitro dry matter and crude protein degradability and digestibility of soybean meal for ruminants. *Scientific reports*, 15(1), 28612. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14678-6>
- Van der Vusse GJ. Albumin as fatty acid transporter. *Drug Metab Pharmacokinet*. 2009;24(4):300-7. doi: <https://doi.org/10.2133/dmpk.24.300>.
- Varanis, L. F. M., Schultz, E. B., Oliveira, K. A., Sousa, L. F., da Cruz, W. F. G., & Junior, G. D. L. M. (2021). Serum biochemical reference ranges for lambs from birth to 1 year of age in the tropics. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(3Supl1), 1725-1740. doi:<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1725>
- Vilaça, L. E. G. (2025). Aditivos alimentares em dietas com alta concentração de amido para ovinos (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. doi: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.118>
- Wang, L., Zhang, G., Li, Y., & Zhang, Y. (2020). Effects of high forage/concentrate diet on volatile fatty acid production and the microorganisms involved in VFA production in cow rumen. *Animals*, 10(2), 223. doi: <https://doi.org/10.3390/ani10020223>.
- Wang, X., Hao, W., Huang, X., & Duan, Z. (2023). Lower blood lipid level from the administration of plant tannins via altering the gut microbiota diversity and

structure. *Food & Function*, 14(10), 4847-4858. doi:

<https://doi.org/10.1039/D2FO03206F>.

Zewdie, A. K. (2019). The different methods of measuring feed digestibility: A review. *EC Nutr*, 14(1), 68-74. <https://shre.ink/MUgt>.

Zhang, Q., Ke, Y., & Hong, H. (2022). HDL and lipid metabolism. In *HDL Metabolism and Diseases* (pp. 49-61). Singapore: Springer Nature Singapore. doi:

https://doi.org/10.1007/978-981-19-1592-5_4