

## Uso de enzimas exógenas na alimentação de ovinos em crescimento

Ana Beatriz Inácio de Freitas<sup>1</sup>; Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça<sup>2</sup>; Karla Alves Oliveira<sup>3</sup>; Érica Beatriz Schultz<sup>4</sup>; Luciano Fernandes Sousa<sup>5</sup>; Gilberto de Lima Macedo Júnior<sup>6</sup>

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2022.41624>

### Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes inclusões de enzimas exógenas: controle (sem enzimas), enzimas fibrolíticas, enzimas proteolíticas, enzimas amilolíticas e mix de enzimas em concentrados a base de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS) na ração de cordeiros sobre parâmetros nutricionais e metabólicos. O experimento foi realizado na fazenda experimental Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia, no setor de caprinos e ovinos. Foram utilizados cinco cordeiros machos  $\frac{3}{4}$  Dorper x  $\frac{1}{4}$  Santa Inês, com idade entre 3 a 4 meses e peso médio de 30 kg. Foi ofertado concentrado a base de MDPS com as respectivas enzimas já citadas e o volumoso oferecido foi silagem de milho. O período de coletas foi de cinco dias consecutivos após a adaptação. Durante cada período de coleta de dados foi avaliado o consumo de matéria seca (CMS) digestibilidade da matéria seca (DMS) retirado o sangue dos animais para análise de seus metabólitos sanguíneos. O experimento foi delineado em quadrado latino com cinco repetições por tratamento, cinco animais e cinco períodos experimentais. As médias foram testadas pelo teste SNK a 5%. Não houve efeito da inclusão de enzimas exógenas sobre o CMS e DMS pelos animais. A enzima amilolítica proporcionou maior concentração sanguínea de triglicerídeos e lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e menor concentração sanguínea de lipoproteína de baixa densidade (LDL). O uso de enzimas exógenas não alterou o consumo e a digestibilidade da matéria seca, e manteve a concentração dos metabólitos sanguíneos dentro da normalidade para ovinos em crescimento.

**Palavras-chave:** Milho. Nutrição. Pequenos ruminantes.

## Use of exogenous enzymes in the feeding of growing lambs

### Abstract

The study's objective was to evaluate the effect of different inclusions of exogenous enzymes: control (without enzymes), fibrolytic, proteolytic, and amylolytic enzymes and enzyme mix in crumbled corn with straw and cob (CCSC) based concentrates in the diet of lambs on nutritional and metabolic parameters. The experiment was carried out at the Capim Branco experimental farm in the goat and sheep sector at the Federal University of Uberlândia. Five male lambs  $\frac{3}{4}$  Dorper x  $\frac{1}{4}$  Santa Inês, aged between 3 and 4 months and an average weight of 30 kg, were used. Concentrate based on CCSC was offered with the respective enzymes already mentioned, and the roughage offered was corn silage. The collection period was five consecutive days after adaptation. The dry matter intake (DMI) and dry matter digestibility (DMD) were evaluated during each data collection period. The experiment was designed

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0002-0388-9197>

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0002-4901-4775>

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – campus Jaboticabal. Jaboticabal, SP Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0002-7792-2615>

<sup>4</sup>Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0003-1916-2117>

<sup>5</sup>Universidade Federal do Tocantins. Araguaína, TO. Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0002-6072-9237>

<sup>6</sup>Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. Brasil.  
<https://orcid.org/0000-0001-5781-7917>

\*Autor para correspondência: [Karla.alves.oliveira@hotmail.com](mailto:Karla.alves.oliveira@hotmail.com)

in Latin square with five replications per treatment, five animals, and five experimental periods. The 5% SNK test tested means. There was no effect of the animals' inclusion of exogenous enzymes on DMI and DMD. The amylolytic enzyme provided higher blood concentrations of triglycerides and very low-density lipoprotein (VLDL) and lower blood concentrations of low-density lipoprotein (LDL). Using exogenous enzymes did not alter dry matter intake and digestibility and maintained the concentration of blood metabolites within the normal range for growing sheep.

**Keywords:** Corn. Nutrition. Small ruminants.

## Introdução

O estudo detalhado sobre os microrganismos do ambiente ruminal em relação a sua capacidade de digerir as fibras e fermentação do conteúdo ruminal, demonstra a relação de secreção de enzimas exógenas, que são capazes de potencializar a eficiência na digestão total dos alimentos (Kung et al., 2000). A utilização de enzimas em sistemas de produção animal, já vêm sendo abundantemente utilizada principalmente em pesquisas e em nutrição de suínos e aves. Assim, como usadas para animais monogástricos, o uso de enzima exógenas também otimiza a produção de ruminantes, uma vez que melhora a digestibilidade e a degradabilidade dos componentes contidos nas dietas. Seu uso para pequenos ruminantes como ovinos necessita-se de estudos mais aprofundado, em decorrência de se encontrar a sua implementação em fases iniciais (MCallister e Wang, 2001).

O conjunto de microrganismos encontrados no rúmen, são capazes de degradar os alimentos consumidos pelos ruminantes, devido ao processo de secreção de enzimas capazes de degradar fontes fibrosas e não fibrosas (MCallister e Wang, 2001).

Dentre os alimentos principais ofertados a esses animais estão os cereais e as forrageiras. E, a atual competição no mercado para atender à crescente demanda por produtos de origem animal, associado ao aumento da produção nacional de grãos e ao custo elevado de forragens conservadas têm induzido a produção de ruminantes em sistemas de confinamento com alta proporção de concentrado na dieta (Cervieri et al., 2009). Logo, é necessário ponderar que o ambiente ruminal possui limitações para o uso de dietas com alto percentual de concentrado, por provocar alterações no pH, perfil enzimático e produção de metabólitos, que podem ser prejudiciais aos animais hospedeiros. Para minimizar problemas em dietas com elevado teor de concentrado, o uso de enzimas exógenas pode se tornar uma ferramenta utilizada para manipular esta fermentação ruminal (Van Soest, 1992). E também, a análise do perfil metabólico dos animais é considerável em experimentos que objetivam testar diversos ingredientes a serem usufruídos na nutrição de animais em confinamento (Ítavo et al., 2002)

A hipótese a ser testada nesse experimento é que as enzimas exógenas atuam no melhoramento e aproveitamento nutricional da dieta, bem como na otimização no metabolismo dos ovinos. Neste contexto, o principal objetivo desse trabalho, foi analisar possíveis influências que poderiam ocorrer em parâmetros nutricionais e me-

tabólicos de ovinos em crescimento, utilizando diferentes enzimas exógenas.

## Material e métodos

O experimento teve duração de 50 dias e realizado na fazenda experimental Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, no setor de caprinos e ovinos. O experimento foi aprovado pelo CEUA - Comissão de Ética na Utilização de Animais, protocolo 091/16. Foram utilizados cinco ovinos machos  $\frac{3}{4}$  Dorper x  $\frac{1}{4}$  Santa Inês, com idade entre 3 a 4 meses, com média de 30kg.

Esses animais receberam vermifugação, logo após foram alojados nas gaiolas de metabolismo com acesso a comida, água e sal mineral, sendo pesados inicialmente e no período final de cada etapa de digestibilidade aparente para obter média do peso vivo.

Os tratamentos foram determinados através da inclusão de enzimas exógenas no concentrado a base de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS). Sendo: Controle (sem adição de enzimas), Allzyme® (enzima proteolítica), Fibrozyme® (enzima fibrolítica), Amaize® (enzima amilolítica) e Mix (complexo com enzimas proteolíticas, fibrolíticas e amilolíticas). O volumoso ofertado foi silagem de milho sem inclusão de aditivos.

Todas as dietas tiveram a mesma composição química, sendo a formulação das mesmas utilizando o NRC (2007), para cordeiros em crescimento. A relação volumoso:concentrado da dieta foi de 30%:70%. Os níveis das enzimas foram calculados de acordo com as recomendações do fabricante (tabela 2).

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia às 08:00 h e 16:00 h. Os animais tiveram livre acesso a água e sal mineral. As sobras de alimento nos cochos eram medidas diariamente e, sempre que não havia sobra, a quantidade ofertada era aumentada em 10% até atingir um excedente equivalente a 10% da ofertada. O cálculo do consumo de matéria seca (CMS) da ração foi obtido por meio da diferença do ofertado em relação às sobras.

As fezes produzidas pelos animais foram pesadas e coletadas diariamente e, por fim, determinado o teor de matéria seca, possibilitando o cálculo da digestibilidade da ração com base na matéria seca (DMS), por meio da seguinte fórmula:

$$\text{DMS} = (\text{CMS-PF})/\text{CMS} \times 100$$

Onde:

CMS = consumo de matéria seca (kg dia<sup>-1</sup>);

PF = peso das fezes na matéria seca (kg dia<sup>-1</sup>).

A determinação do conteúdo de matéria seca das sobras de alimento e fezes foi realizada no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN) da UFU, utilizando o método INCT-CA, G-003/1 (Detmann et al., 2012).

Tabela 1 – Composição do concentrado e dietas experimentais

Ingredientes	Controle	Allzyme®	Amaize®	Fibrozyme®	Mix de enzimas
MDPS	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%
Farelo de milho	35,5%	35,5%	35,5%	35,5%	35,5%
Farelo de soja	17,5%	17,5%	17,5%	17,5%	17,5%
Sal mineral	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
Adsorvente	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Ureia	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Enzimas	0,0%	150g	150g	180g	150g

  

Nutriente (%)	Silagem de milho	Concentrado	Dieta Total
Matéria seca	30,0	88,69	71,08
Proteína Bruta	7,4	20,00	16,26
Fibra em Detergente Neutro	58,0	28,56	32,19
Nutrientes Digestíveis Totais	69,5	72,58	70,97

Tabela 2 – Descrição das enzimas pelo fabricante

Composição	Allzyme®	Amaize®	Fibrozyme®
Pectinase	Min. 400 u/g	-	-
Protease	Min. 700 u/g	-	-
Fitase	Min. 300 u/g	-	-
Betaglucanase	Min. 200 u/g	-	-
Xilanase	Min. 100 u/g	-	Min. 100 XU/g
Celulase	Min. 40 u/g	-	-
Amilase	Min. 30 u/g	Min. 600 FAU/g	-

O escore fecal foi avaliado diariamente durante o período de coleta, de acordo com a escala proposta por (Gomes et al., 2012), na qual, na escala um (1), as fezes são classificadas em secas e opacas; na escala dois (2) como normal; na escala três (3) ligeiramente suavizadas; na escala quatro (4) amolecida, perdendo a forma e colada (cachos de uva); na escala cinco (5) como amolecido e sem formado (fezes de suíno); e na escala seis (6) como diarreica.

O fornecimento de água era feito todos os dias pela manhã, em baldes plásticos, no valor de seis litros por animal, e também à tarde quando necessário. O abas-

tecimento e a água residual eram medidos diariamente. O consumo de água foi calculado pela diferença entre o ofertado e as sobras. Foi colocado também diariamente um balde posicionado na área experimental com a mesma quantidade de água ofertada aos animais, para que, através da sobra deste balde no dia seguinte fosse calculada a quantidade de água evaporada e esta quantidade descontada do consumo de água destes animais.

Para a coleta total de urina, foram utilizados baldes plásticos cobertos com telas, para evitar contaminação com pelos, ração e fezes, sendo os baldes alocados abaixo das gaiolas de metabolismo. Foi adicionado em

cada balde, 100 mL de ácido sulfúrico a 2N (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para evitar a volatilização do nitrogênio (N) como também possível fermentação microbiana presente no ambiente. A coleta de urina foi realizada diariamente pela manhã. O volume total de urina foi medido através de uma proveta graduada (plástico) com precisão de 20mL e a densidade da urina foi determinada através de refratômetro manual Megabrix®.

As amostras de sangue foram coletadas no primeiro, terceiro e quinto dia do período de coleta, sempre

$$\text{VLDL} = \text{Triglicerídeo}/5 \text{ e } \text{LDL} = \text{Colesterol} - \text{HDL} - \text{VLDL}$$

Onde:

VLDL = lipoproteína de muito baixa densidade; LDL = lipoproteína de baixa densidade; HDL = lipoproteína de alta densidade; para determinação do metabolismo proteico foram: proteína total, ureia, albumina, ácido úrico, creatinina e globulina. para determinação da atividade enzimática foram: AST, GGT e fosfatase alcalina.

A avaliação glicêmica foi realizada no último dia de coleta de dados de cada período de avaliação, sendo realizada nos seguintes horários: 8h (antes da primeira refeição), 11h, 14h, 17h e 20h. No dia da avaliação glicêmica, a segunda refeição só foi oferecida após a colheita das 20h. As amostras foram coletadas por punção venosa da veia jugular em tubos Vacutainer® de 5 mL contendo flúor e EDTA, e devidamente identificadas para cada animal.

As amostras de sangue coletadas foram centrifugadas a 3.000 rotações por minuto durante 10 minutos, o soro foi separado em alíquotas dentro de microtubos e armazenado em freezer a -5°C para posterior análise laboratorial. Todas as amostras foram processadas em analisador bioquímico automatizado (Bioplus® 2000, Barueri, SP, Brasil) utilizando kit comercial (Lab Test®, Lagoa Santa, MG, Brasil).

O modelo estatístico utilizado foi através do delineamento quadrado latino com cinco repetições por tratamento, cinco animais e cinco períodos experimentais,

antes da primeira alimentação, com o animal em jejum. Para avaliação dos componentes bioquímicos, amostras de sangue foram coletadas por punção venosa da veia jugular com tubos Vacutainer® sem anticoagulante. Os componentes bioquímicos para determinação do metabolismo energético foram: triglicerídeos, colesterol, LDL, HDL e VLDL. Os valores de LDL e VLDL foram obtidos por cálculos propostos por (Friedewald et al., 1972), a partir dos valores de colesterol total, HDL-colesterol e triglicerídeos:

com duração de dez dias, sendo cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta, totalizando 50 dias de avaliação. As médias de escore fecal foram avaliadas pelo teste não paramétrico de Kruskal e Wallis (1952). As médias obtidas foram submetidas ao teste SNK com probabilidade de 5%.

## Resultados e discussão

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas. De acordo o NRC (2007), ovinos machos inteiros com peso médio corporal de 30 kg, devem consumir 1,05kg/dia, ou seja, 3,5% do peso vivo. Desta forma, confirma-se que os animais do experimento apresentaram dados correspondentes aos valores estimados com o NRC (2007) para o consumo de matéria seca. A grande palatabilidade dos ingredientes contidos nas dietas experimentais influenciou positivamente na taxa de consumo dos animais. Dessa forma, a disponibilidade, aptidão de acesso e ócio por encontrarem-se em gaiolas de metabolismo, pode ter cooperado para esse consumo.

Tabela 3 – Parâmetros nutricionais de ovinos alimentados com dieta com inclusão de enzimas exógenas

	Controle	Allzyme®	Fibrozyme®	Amaize®	Mix	P- Valor	Média	CV (%)
CMS, kg dia <sup>-1</sup>	1,18	1,29	1,30	1,21	1,25	0,3698	1,23	1,18
CMS, %PC	3,26	3,63	3,62	3,15	3,52	0,3485	3,44	14,33
DMS, %	86,17	84,92	85,32	82,68	83,90	0,3256	84,59	4,02
CH <sub>2</sub> O, L dia <sup>-1</sup>	4,14	4,41	4,30	3,49	3,94	0,2589	4,06	19,26
CH <sub>2</sub> O/CMS, L kg <sup>-1</sup>	3,30	3,02	3,31	2,92	3,02	0,2983	3,16	16,44

CMS: consumo de matéria seca; PC: peso corporal; DMS: digestibilidade da matéria seca; CH<sub>2</sub>O: consumo de água; CV: coeficiente de variação

Apesar de não apresentar diferença estatística, os resultados de digestibilidade da matéria seca (DMS) encontrados foram altos, provavelmente por conta da maior proporção de concentrado na dieta (Tabela 1). E também, a DMS possuiu relação com a influência das

enzimas adicionadas na dieta, uma vez que estas enzimas são capazes de realizar o processo de hidrólise, consequentemente em função do tempo em que essas partículas são retidas no ambiente ruminal (Doreau e Diawara, 2003).

O consumo de água em todos os tratamentos foi semelhante, não encontrando-se efeitos negativos em relação a inclusão das enzimas. Confirmando este resultado, o NRC (2007) estabeleceu uma relação entre a ingestão de água potável e a quantidade de matéria seca ingerida por ovinos, que deveria ser duas a três vezes superior ao CMS, portanto observa-se que o consumo médio de água foi 3,16 vezes maior que o CMS, esclarecendo que os animais tiveram suas exigências atendidas (Tabela 3).

Não houve diferenças estatística entre os tratamentos (tabela 4). Em relação ao escore fecal, quando as fezes possuem um aumento em sua consistência, deduz-se que houve redução na taxa de passagem do alimento in-

gerido, demonstrando menor digestibilidade de forragem no rúmen (Bernardes e Rêgo, 2014). Em contraposto, casos as fezes estejam com consistência amolecidas, pode ser indicativo de que os alimentos concentrados, estão apresentando teores de FDN menores, com porcentagem de carboidratos não fibrosos em maiores quantidades. Os carboidratos não fibrosos possuem digestão rápida e alta taxa de passagem do amido no rúmen (Foley et al., 2006). Logo, os animais apresentaram escore de fezes normal, resultado que se deve possivelmente ao MDPS (consideram que os animais tiveram regular CMS e alta DMS da dieta ofertada), que possui como característica elevada quantidade de fibra, que pode reduzir ou controlar a taxa de passagem da digesta.

Tabela 4 – Parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com dieta com inclusão de enzimas exógenas

	Controle	Allzyme®	Fibrozyme®	Amaize®	Mix	P- Valor	Média	CV (%)
Escore fecal	2,52	2,52	2,52	2,80	2,40	0,3698	2,55	-
Urina, L dia <sup>-1</sup>	1,49	1,42	1,56	1,45	1,47	0,2741	1,48	33,07
Urina, g mL <sup>-1</sup>	1,0300	1,0268	1,0228	1,0268	1,0238	0,1258	1,0256	0,69
Fezes, g dia <sup>-1</sup>	652	726	783	781	695	0,5896	727	13,67
Fezes, %MS	15,26	18,18	18,81	19,19	18,74	0,5741	18,04	23,95

Para os dados de escore fecal utilizou-se estatística não paramétrica; CV: coeficiente de variação.

O volume de urina excretado pelos animais está acima da faixa recomendada por (Reece, 2006), que deve ser de 100-400 mL para cada 10 kg de peso corporal. Como o peso médio dos animais foi de 30 kg, a excreção urinária diária deve ser entre 300 - 1200 mL. A excreção urinária média diária foi de 1480 mL, logo, esse resultado acima do limite superior recomendado para excreção urinária pode estar relacionado à ingestão hídrica acima do nível recomendado encontrado neste estudo. A densidade urinária permaneceu dentro dos limites normais para

ovinos (1,015 – 1,045 g mL<sup>-1</sup>) em todos os tratamentos, conforme descrito por (Carvalho, 2008) e (Reece, 2006).

Com relação aos metabólitos energéticos, a inclusão de enzimas exógenas na dieta de ovinos trouxe diferenças estatísticas para as concentrações de triglicerídeos, lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e lipoproteína de baixa densidade (LDL, Tabela 5). A concentração de todos metabólitos energéticos se mantiveram dentro dos valores recomendados por (Varanis et al., 2021).

Tabela – Concentração sanguínea de metabólitos energéticos de ovinos alimentados com dieta com inclusão de enzimas exógenas

	Controle	Allzyme®	Fibrozyme®	Amaize®	Mix	P- Valor	Média	CV (%)	VR
Colesterol, mg dL <sup>-1</sup>	54,66	47,60	47,46	44,59	52,33	0,5874	49,33	15,52	15-140
Triglicerídeos, mg dL <sup>-1</sup>	21,46 B	21,73 B	19,20 B	28,40 A	19,73 B	0,0480	22,10	15,42	5-78
VLDL, mg dL <sup>-1</sup>	4,29 B	4,34 B	3,84 B	5,68 A	3,94 B	0,0481	4,42	15,45	1-17,4
HDL, mg dL <sup>-1</sup>	24,33	23,86	27,00	27,86	21,26	0,8752	24,86	17,01	13-79
LDL, mg dL <sup>-1</sup>	26,04 A	19,38 AB	16,62 AB	11,05 A	27,12 A	0,0298	20,04	30,01	0,8-83
Frutosamina, μmol L <sup>-1</sup>	215,89	216,90	231,13	211,53	217,89	0,8896	218,67	11,88	11-413
Glicose, mg dL <sup>-1</sup>	56,64	58,80	62,12	65,60	61,08	0,6987	60,84	14,19	33-98

VLDL: lipoproteína de muito baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade; LDL: lipoproteína de baixa densidade; VR: valores de referência segundo Varanis et al. (2021). CV: coeficiente de variação. Letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de SNK a 5% de probabilidade.

Os níveis de colesterol no organismo, possui duas origens, sendo: endógena e exógena. A principal origem

endógena, é a partir da síntese do acetil-Coenzima A (acetil – CoA) no fígado, intestinos, glândula adrenal e pele,

e exógena a partir dos alimentos (González e Scheffer, 2006). A dieta fornecida na alimentação animal, possui relação direta com os níveis de colesterol total plasmático, indicando o total de lipídeos contidos no plasma (González, 2000), sendo que o colesterol é sintetizado a partir do acetil-CoA originado do ácido acético produzido no rúmen resultado da fermentação da fibra dietética (Silva et al., 2020). Logo, mesmo que a dieta utilizada possua menor relação de volumoso (o qual irá proporcionar a maior produção do ácido acético no rúmen) ainda assim foi capaz de manter os níveis séricos de colesterol dentro do recomendado.

Nos herbívoros ruminantes, a síntese de ácidos graxos e triglicerídeos ocorre no tecido adiposo. O principal precursor é o acetato, fazendo com que a síntese ocorra em torno de 90% (Kozloski, 2009). Esses triglicerídeos são compostos de moléculas de glicerol, ligadas a três moléculas de ácidos graxos; Após a ingestão de dietas com alta densidade energética (ricas em amido), ocorre aumento da síntese hepática de ácidos graxos a partir das elevadas quantidades de acetato e propionato que chegam ao fígado, resultando em aumento da exportação de triglicerídeos para o tecido adiposo (Bruss, 2008; Fernandes et al., 2012). Tal fato, pode explicar a maior concentração deste metabólito em ovinos que consumiram a dieta com inclusão da enzima amilolítica. E, o mesmo comportamento foi observado para a concentração da VLDL, uma vez que esta é a lipoproteína responsável por transportar triglicerídeos do fígado para o tecido adiposo (Siqueira et al., 2020).

Os quilomícrons (QM), são lipoproteínas que transportam triglicerídeos do intestino para o fígado (González e Scheffer, 2003). Lipoproteínas com densidades muito baixas são nomeadas como VLDL, estas realizam transporte dos triglicerídeos do fígado para o tecido adiposo, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), são as que levam o colesterol do fígado para todas as células do corpo, e lipoproteínas de alta densidade (HDL), possuem função de recolherem o colesterol contido nos tecidos do corpo, e transportarem de volta para o fígado (González e Scheffer, 2003).

A quantidade de ácidos graxos saturados no organismo, interfere na elevação de LDL e HDL e aumentando o nível de colesterol sanguíneo, essa elevação dá-se em decorrência da redução da atividade do receptor LDL – colesterol e o espaço livre de LDL na corrente sanguínea (Beauchemin et al., 2003). Observou-se efeito do uso de enzimas exógenas na alimentação de ovinos sobre a concentração sanguínea de LDL. Como mencionado anteriormente, a LDL tem a função de transportar o colesterol do fígado para os tecidos, portanto, nos tratamentos controle e mix observamos maior capacidade de transporte deste metabólito em relação aos demais tratamentos, o que pode ser considerado prejudicial uma vez que há maior acúmulo de gordura nestes animais.

A frutossamina é uma cetoamina estável e formada quando a glicose reage não enzimaticamente com grupos aminas das proteínas, principalmente a albumina e a imunoglobulina e sua concentração no plasma ou sérica é controlada pelo balanço entre a síntese e eliminação destes compostos proteicos e de glicose. Neste estudo, observa-se que a concentração da frutossamina se encontra dentro dos valores recomendados, assim como os valores de glicose e proteína total que acompanham este metabólito.

Os perfis metabólicos sanguíneos, como a glicemia, auxiliam na avaliação da condição metabólica nutricional dos animais, possibilitando a prevenção e diagnósticos de transtornos metabólicos em um rebanho (Bassiouni et al., 2010). Isso ocorre através do controle da alimentação fornecida, possibilitando a melhora de índices produtivos, já que a glicose é primordial para servir como fonte de energia para todos os seres vivos (Bassiouni et al., 2010).

Durante o experimento, os níveis encontrados de glicose, conservaram-se dentro da faixa de recomendação, pelos valores apresentados verificamos que os animais estavam com balanço positivo de glicose no corpo (Tabela 5 e Figura 1).

Figura 1 – Efeito do horário de coleta sobre a concentração sanguínea de glicose em ovinos



A Gama glutamiltransferase (GGT) é uma enzima existente em todas as células, com exceção do músculo. Possui grande atividade renal e no fígado, porém somente a de origem hepática é mensurada no sangue dos animais

(Campestrini et al., 2005). Na tabela 6, a concentração da enzima gama glutamiltransferase (GGT) encontra-se dentro dos valores recomendados para a espécie e cate-

goria avaliada. Em ovinos essa enzima é passada para filhotes via colostro, e pode deduzir sobre o estado de saúde do fígado (Campestrini et al., 2005).

Tabela 6 – Concentração sanguínea de enzimas hepáticas de ovinos alimentados com dieta com inclusão de enzimas exógenas

	Controle	Allzyme®	Fibrozyme®	Amaize®	Mix	P- Valor	Média	CV (%)	VR
GGT, $UI L^{-1}$	58,73	58,79	58,53	55,53	56,80	0,8752	57,67	12,45	31-154 <sup>1</sup>
AST, $UI L^{-1}$	89,13	99,79	95,66	96,34	92,53	0,7489	94,69	15,34	47-353 <sup>1</sup>
FA, $UI L^{-1}$	207,40	218,13	215,34	223,86	182,33	0,9217	209,45	17,49	68-387 <sup>2</sup>

GGT: gama glutamiltransferase; AST: aspartato aminotransferase; FA: fosfatase alcalina; VR<sup>1</sup>: valores de referência segundo Varanis et al. (2021); VR<sup>2</sup>: valores de referência segundo Kaneko et al. (2008); CV – coeficiente de variação.

Os valores encontrados da enzima aspartato aminotransferase (AST) no estudo realizado, apresentaram-se dentro dos valores de referência de acordo com a categoria animal (Tabela 6). Essa enzima é encontrada nos músculos esqueléticos e cardíaco, nos eritrócitos e principalmente no fígado. Quando se nota um aumento significativo da AST é um indicativo que pode haver lesão hepática grave e difusa, principalmente se os sintomas virem acompanhados com icterícia (González e Scheffer, 2006; Brito, 2011), o que não ocorreu neste trabalho.

A fosfatase alcalina (FA) é uma enzima que está presente em todos órgãos principalmente no fígado. Por

se encontrar principalmente neste órgão, a FA demonstra a saúde do fígado, assim como os níveis de colesterol, podem afetar o estado de saúde do animal e o grau de mobilização de reservas corporais (González e Scheffer, 2006). Os animais que participaram do experimento, obtiveram valores que atenderam as recomendações.

A tabela 7 mostra os resultados para o perfil proteico dos animais. Observa-se que a inclusão de enzimas exógenas na dieta de ovinos não interfere na concentração sanguínea dos metabólitos proteicos.

Tabela 7 – Concentração sanguínea de metabólitos proteicos de ovinos alimentados com dieta com inclusão de enzimas exógenas

	Controle	Allzyme®	Fibrozyme®	Amaize®	Mix	P- Valor	Média	CV (%)	VR
Ácido Úrico, $mg dL^{-1}$	0,18	0,20	0,28	0,24	0,24	0,5236	0,22	31,92	0-2,9 <sup>1</sup>
Albumina, $g dL^{-1}$	4,05	4,24	4,14	4,72	4,33	0,5871	4,30	12,45	1,12-5,38 <sup>1</sup>
Ureia, $mg dL^{-1}$	44,86	34,53	44,60	35,00	42,86	0,7852	40,37	34,06	13-100 <sup>1</sup>
Creatinina, $mg dL^{-1}$	0,76	0,67	0,67	0,85	0,74	0,6021	0,74	16,52	0,4-1,8 <sup>1</sup>
Proteínas Totais, $g dL^{-1}$	5,55	6,00	5,22	5,14	5,36	0,2358	5,57	14,55	3,1-11,4 <sup>1</sup>
Globulinas, $g dL^{-1}$	1,50	1,75	1,53	1,35	1,37	0,7413	1,50	33,14	3,5-5,7 <sup>2</sup>

VR<sup>1</sup>: valores de referência segundo Varanis et al. (2021); VR<sup>2</sup>: valores de referência segundo Kaneko et al. (2008); CV – coeficiente de variação.

A ureia é o metabólito que melhor reflete o status proteico em ruminantes, pois apresenta relação especial com a digestão proteica e com o metabolismo dos microrganismos do rúmen (Silva et al., 2020) podendo então ser afetada pelo nível de proteína na dieta. Como os valores de ureia neste estudo se encontram dentro do recomendado, podemos inferir que os animais receberam uma dieta de acordo com suas exigências nutricionais, no que se refere ao teor de proteína bruta.

No presente estudo, os valores encontrados de albumina ficaram dentro do valor de referência. Mesmo assim, para que seja detectado mudanças significativas na concentração sérica de albumina, se torna necessário um período de um mês, em decorrência a baixa velocidade de síntese e de degradação lenta feita pelo ruminante.

A albumina é sintetizada pelo fígado contribuindo 80% com a osmolaridade do plasma, sendo considerada com a mais abundante no plasma sanguíneo. Além de corresponder em torno de 50 a 65% das proteínas circulantes (McCallister e Wang, 2001). Essa proteína, auxilia no controle do pH sanguíneo por atuar como ânion, e servindo como reserva proteica, transportadora de ácidos graxos livres, aminoácidos, metais e bilirrubina. Alguns fatores como parasitismos gastrintestinais podem acarretar na diminuição da concentração de albumina, e também pelo aporte de proteína contida na ração, pelo funcionamento do fígado, disponibilidade de aminoácidos e desidratação (McCallister e Wang, 2001)

A concentração sanguínea de ácido úrico dos animais neste experimento enquadrado com a referência

(Tabela 7), demonstrando que o metabolismo ruminal estava em equilíbrio, assim como a atividade da microbiota do órgão, para produzir sua proteína endógena, crescer e se multiplicar. Isso pode ser explicado pela disponibilidade de proteína, fibra e energia do alimento, além dos carboidratos que são rapidamente fermentáveis no sistema digestório (rúmen e intestino grosso, [MCallister e Wang, 2001](#)).

A creatinina é um composto nitrogenado, sua produção é derivada da fosfocreatina muscular, sendo produzida primeiramente pelo fígado e transportado para os músculos, e usada como fonte de energia para atividade muscular, dependendo conseqüentemente da quantidade da massa muscular. A concentração de creatinina dos animais avaliados neste estudo permaneceu dentro do valor recomendado.

Os microrganismos do ambiente ruminal aproveitaram os alimentos ofertados na dieta. Essa conclusão se dá, a partir de análises colhidas em decorrência da normalidade que estava à proteína, já que estas apresentavam normalidade. As proteínas sanguíneas são sintetizadas principalmente pelo fígado, e suas concentrações muito dizem a respeito do estado nutricional dos animais e com

a funcionalidade hepática. Na tabela 7, é possível notar que o nível de proteínas totais estava de acordo com o valor de referência.

Os valores de globulinas encontrados no presente estudo foram dentro do valor recomendado (Tabela 7). A diferença encontrada entre as proteínas totais e a albumina, resulta na concentração de globulinas, cujo a principal função é a realização dos transportes de metais, lipídios e bilirrubina, auxiliando positivamente na imunidade. Quando encontrados valores acima da média, deduz-se que pode estar relacionado a doenças infecciosas, vacinações recentes e até mesmo para avaliação de adaptação do animal.

## Conclusões

O uso de enzimas exógenas não alterou o consumo e a digestibilidade da matéria seca, e manteve a concentração dos metabólitos sanguíneos dentro da normalidade para ovinos em crescimento. O uso da enzima amilolítica proporcionou maior concentração sanguínea de triglicerídeos e lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e menor concentração sanguínea de lipoproteína de baixa densidade (LDL) em ovinos.

## Referências

- Bassiouni, M. I.; Gaafar, H. M. A.; Mohi El-Din, A. M. A.; Metwally, A. M.; Elshora, M. A. H. 2010. Evaluation of rations supplemented with fibrolytic enzyme on dairy cows performance 3. Productive performance of lactating Friesian cows. *Livestock Research for Rural Development*, 22 (6): article 117. Disponível em: <https://www.lrrd.cipav.org/lorrd22/6/bass22117.htm>.
- Beauchemin, K. A.; Colombatto, D.; Morgavi, D. P.; Yang, W. Z. 2003. Use of Exogenous Fibrolytic Enzymes to Improve Feed Utilization by Ruminants. *Journal of Animal Science*, 81 (14): 37–47. Doi: [https://doi.org/10.2527/2003.8114\\_suppl\\_2E37x](https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E37x).
- Bernardes, T. F.; Rêgo, A. C. 2014. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 97 (3): 1852–1861. Doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7181>.
- Brito, F. O. 2011. Níveis de complexo enzimático em dietas para ruminantes. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 82 f. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-11052011-103043/publico/ME4962561.pdf>.
- Bruss, M. L. 2008. Lipids and ketones. p.81–115. In: Kaneko, J. J.; Harvey, J. W.; Bruss, M. L. (Eds.) *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6.ed. Academic Press, San Diego, CA, United States of America.
- Campestrini, E.; Silva, V. T. M.; Appelt, M. D. 2005. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2 (6): 1–14. Disponível em: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-027.pdf>.
- Carvalho, M. B. 2008. Semiologia do Sistema Urinário. p.389-409. In: Feitosa, F. L. *Semiologia Veterinária*. Roca, São Paulo, SP Brasil.
- Cervieri, R. C.; Carvalho, J. C. E.; Martins, C. L. 2009. Evolução do manejo nutricional nos confinamentos brasileiros: importância da utilização de subprodutos da agroindústria em dietas de maior inclusão de concentrado. *Anais do Simpósio Internacional de Nutrição de Ruminantes: Recentes Avanços na Nutrição de Bovinos Confinados*. Botucatu, SP, Brasil, 4.
- Detmann, E.; Souza, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Queiroz, A. C.; Berchielli, T. T.; Saliba, E. O. S.; Cabral, L. S.; Pina, D. S.; Ladeira, M. M.; Azevedo, J. A. G. 2012. Métodos para Análise de Alimentos – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal. Suprema, Visconde do Rio Branco, MG, Brasil.
- Doreau, M.; Diawara, A. 2003. Effect of level of intake on digestion in cows: influence of animal genotype and nature of hay. *Livestock Production Science*, 81 (1): 35–45. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00227-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00227-0).
- Fernandes, S. R.; Freitas, J. A.; Souza, D. F.; Kowalski, L. H.; Dittrich, R. L.; Rossi Junior, P.; Silva, C. J. A. 2012. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. *Brasil Agrociência*, 18 (1–4): 21–32. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2484/2319>.
- Foley, A. E.; Hristov, A. N.; Melgar, A.; Ropp, J. K.; Etter, R. P.; Zaman, S.; Hunt, C. W.; Huber, K.; Price, W. J. 2006. Effect of barley and its amylopectin content on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89 (11): 4321–4335. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72479-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72479-1).
- Friedewald, W. T.; Levy, R. I.; Fredrickson, D. S. 1972. Estimation of the concentration of lowdensity lipoprotein in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, 18(6): 499–502. Doi: <https://doi.org/10.1093/clinchem/18.6.499>.

- Gomes, S. P.; Borges, I.; Borges, A. L. C. C.; Macedo Junior, G. L.; Campos, W. E.; Brito, T. S. 2012. Tamanho de partícula do volumoso e frequência de alimentação sobre o metabolismo energético e proteico em ovinos, considerando dietas com elevada participação de concentrado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13: 732–744. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000300013>.
- González, F. H. D.; Barcellos, J. O.; Patiño, H. O.; Ribeiro, L. A. 2000. O Perfil metabólico em uso em nutrição e doenças nutricionais. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- González, F. H. D.; Scheffer, J. F. S. 2003. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. *Anais do Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil*. Porto Alegre, RS, Brasil, 1.
- González, F. H. D.; Silva, S. C. 2006. Introdução à bioquímica clínica veterinária. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Ítavo, L. C. V.; Valadares Filho, S. C.; Silva, F. F. 2002. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31 (3): 1–10. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000600026>.
- Kozloski, G. V. 2017. *Bioquímica dos ruminantes*. 3. ed. UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.
- Kruskal, W. H.; Wallis, W. A. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal American Statistical Association*, 47: 583–621. Doi: <https://doi.org/10.2307/2280779>.
- Kung, L.; Treacher, R.; Nauman, G.; Smagala, A.; Endres, K.; Cohen, M. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 115–122. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(00\)74862-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(00)74862-4).
- McAllister, T. A.; Wang, Y. 2001. Enzymes in farm animal nutrition. p. 273–298. In: McAllister, T. A.; Hristov, A. N.; Beauchemin, K. A.; Rode, L. M.; Cheng, K. J. *Enzymes in ruminant diets*. Cabi Publishing, Wallingford, United Kingdom. Doi: <https://doi.org/10.1079/9780851993935.0273>.
- National Research Council – NRC. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academy Press, Washington, DC, United States of America.
- Reece, W. O. 2006. Função Renal nos Mamíferos. p. 68–96. In: Reece, W. O. *DUKES – Fisiologia dos animais domésticos*. 12. 12. Cornell University Press, Ithaca, Estados Unidos da América.
- Silva, D. A. P.; Varanis, L. F. M.; Oliveira, K. A.; Sousa, L. M.; Siqueira, M. T. S.; Macedo Junior, G. L. 2020. Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. *Caderno de Ciências Agrárias*, 12: 1-8. Doi: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20404>.
- Siqueira, M. T. S.; Ruela, P. A. C.; Oliveira, K. A.; Silva, D. A. P.; Sousa, L. F.; Macedo Junior, G. L. 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>.
- Van Nevel, C. J.; Demeyer, D. I. 1992. Influence of antibiotics and a deaminase inhibitor on volatile fatty acids and methane production from detergent washed hay and soluble starch by rumen microbes in vitro. *Animal Folding Science Technology*, 37: 21–31. Doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90117-O](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90117-O).
- Varanis, L. F. M.; Schultz, E. B.; Oliveira, K. A.; Sousa, L. F.; Cruz, W. F. G.; Macedo Junior, G. L. 2021. Intervalos de referência de bioquímicos séricos para cordeiros do nascimento a um ano nos trópicos. *Semina: Ciências Agrárias*, 42 (3), Supl. 1, 1725–1740. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n3Supl1p1725>.