

Parâmetros produtivos e comportamentais de cabritos alimentados com enzimas exógenas na dieta

Ana Beatriz Inácio de Freitas¹, Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça², Marco Túlio Santos Siqueira³, Karla Alves Oliveira⁴, Marcela Rodrigues de Oliveira⁵, Gilberto De Lima Macedo Júnior^{6*}, Afrânio Giroldo Santana⁷

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2023.43886>

Resumo

O uso de enzimas exógenas é uma biotecnologia utilizada para otimizar a produção de ruminantes, melhorando a digestibilidade e degradabilidade ruminal nos mais diversos alimentos. Objetivou-se avaliar o efeito de enzimas exógenas fornecidas como aditivo em ração para caprinos sobre os parâmetros produtivos e comportamentais. Foram utilizados 21 cabritos mestiços ½ Anglo Nubiano x ½ Saanen, com idade média de 2 meses, pesando em média 16,77 kg. Foram alojados em baias coletivas, distribuídos em quatro tratamentos: Controle (sem nenhuma adição de enzima); Amaize[®] (enzima amilolítica); Allzyme[®] (mix de enzimas) e Fibrozyme[®] (enzima fibrolíticas). Avaliaram o consumo de matéria seca (CMS), desempenho e comportamento ingestivo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. As médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste SNK, os períodos por análise de regressão dos efeitos lineares e quadráticos à 5% de significância. A variável score de condição corporal (ECC) foi avaliada por estatística não paramétrica. Os animais apresentaram aumento exponencial do CMS ao longo do período. Houve efeito linear negativo para as variáveis ingestão (ING) e mastigação (MAST). Houve efeito linear positivo para a variável OCIO. Não houve diferença entre tratamentos para ganho médio diário (GMD) e ganho de peso total (GPT). Os dados de crescimento corporal apresentaram efeito quadrático, com exceção da altura de posterior (AP) apresentou efeito linear positivo para período. ECC apresentou diferença estatística entre os períodos. Houve interação entre tratamentos e período de avaliação para largura de peito (LP), com o tratamento Controle apresentando resposta linear positiva e os tratamentos Amaize[®], Allzyme[®] e Fibrozyme[®] apresentando resposta quadrática. A utilização de enzimas exógenas não afeta os parâmetros produtivos e comportamentais de caprinos em desenvolvimento.

Palavras-chave: Aditivo. Amilolítica. *Capra aegagrus hircus*. Fibrolítica. Proteolítica.

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

²Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Discente do curso de Zootecnia. Uberlândia, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-4901-4775>

³Universidade Federal de Lavras, Discente do curso de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Lavras, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-2098-8568>

⁴Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Discente do curso de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Jaboticabal, SP. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-7792-2615>

⁵Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Zootecnista. Uberlândia, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-7624-6945>

⁶Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Docente do curso de Zootecnia. Uberlândia, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-5781-7917>

⁷Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Discente do curso de Zootecnia. Uberlândia, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-3868-4474>

*Autor para correspondência: gilberto.macedo@ufu.br

Recebido para publicação em 07 de fevereiro de 2023. Aceito para publicação em 07 de março de 2023
e-ISSN: 2447-6218.



Caderno de Ciências Agrárias está licenciado
com uma **Licença Creative Commons**
Atribuição - Não Comercial 4.0 Internacional

Productive and behavioral parameters of goats fed with exogenous enzymes in the diet

Abstract

The use of exogenous enzymes is a biotechnology used to optimize the production of ruminants, improving ruminal digestibility and degradability in the most diverse foods. The objective was to evaluate the effect of exogenous enzymes supplied as an additive in goat feed on productive and behavioral parameters. Twenty-one crossbred kids $\frac{1}{2}$ Anglo Nubian x $\frac{1}{2}$ Saanen, with an average age of 2 months, weighing an average of 16.77 kg were used. They were housed in collective pens, divided into four treatments: Control (without any addition of enzyme); Amaize® (amylolytic enzyme); Allzyme® (enzyme mix) and Fibrozyme® (fibrolytic enzyme). They evaluated dry matter intake (DMI), performance and ingestive behavior. The design used was completely randomized. Treatment means were evaluated by the SNK test, periods by regression analysis of linear and quadratic effects at 5% significance. The body condition score (BCS) variable was evaluated using non-parametric statistics. The animals showed an exponential increase in DMI over the period. There was a negative linear effect for the variables intake (ING) and mastication (MAST). There was a positive linear effect for the OCIO variable. There was no difference between treatments for average daily gain (ADG) and total weight gain (GPT). The body growth data showed a quadratic effect, with the exception of posterior height (AP), which showed a positive linear effect for the period. ECC showed statistical difference between periods. There was interaction between treatments and evaluation period for breast width (PL), with the Control treatment showing a positive linear response and the Amaize®, Allzyme® and Fibrozyme® treatments showing a quadratic response. The use of exogenous enzymes does not affect the productive and behavioral parameters of developing goats.

Keywords: Additive. Amylolytic. *Capra aegagrus hircus*. Fibrolytic. Proteolytic.

Introdução

Nos sistemas de produção de ruminantes, grande parte das exigências nutricionais é atendida por meio de volumosos. Os alimentos fornecidos aos ruminantes requerem maior qualidade, dado que são um dos fatores de limitação de produtividade em decorrência da dificuldade no aproveitamento dos nutrientes contidos nas forragens (Viva, 2018). O aproveitamento de alimentos fibrosos pelos ruminantes está relacionado à síntese e secreção de enzimas pelos microrganismos do rúmen, promovendo a hidrólise da parede celular das plantas. Entretanto, a conversão dos alimentos, especialmente os fibrosos, refletem a necessidade de novos programas biotecnológicos de alimentação animal com o objetivo de maximizar a utilização dos nutrientes (Fagundes et al., 2008).

Uma forma de criar condições mais favoráveis para digestibilidade e a degradabilidade ruminal das fibras, proteínas e amidos é a utilização de enzimas exógenas (Vieira et al., 2016). Além de melhorar o desempenho, visa também reduzir os custos da produção, através da redução da quantidade de insumos obtidos pela otimização do aproveitamento dos nutrientes presentes na dieta (Marcondes et al., 2009).

Os inúmeros microrganismos contidos no ambiente ruminal, são capazes de degradar os alimentos consumidos pelos ruminantes, decorrência do processo de secreção de enzimas capazes de degradar fontes fibrosas e não fibrosas (Ganazares, 2011). As principais enzimas exógenas utilizadas para ruminantes são as amilolíticas, fibrolíticas e proteolíticas. As enzimas amilolíticas aumentam a digestibilidade do amido presente no ambiente ruminal, as enzimas fibrolíticas melhoram a degradação da fração fibrosa, potencializando a utili-

zação dos nutrientes pelo animal e maior desempenho, além de contribuir com até 15% da atividade fibrolítica total do fluido ruminal, e as enzimas proteolíticas atuam na quebra da matriz proteica, aprimorando a ação dos microrganismos ruminais e na degradabilidade da dieta (Beauchemin et al., 2004).

No entanto, a implementação de enzimas exógenas para pequenos ruminantes como caprinos necessitam de estudos mais afundo, em decorrência de sua implementação estar em fases iniciais, seja na avaliação de aplicação destas enzimas, ou avaliando seus efeitos sobre o desempenho produtivo e metabólico, sendo necessário mais estudos com esses aditivos para compreender por completo seus efeitos sobre os ruminantes (Freitas, 2012).

Desta forma, trabalhos que avaliem a forma de aplicação destes aditivos bem como seus efeitos sobre o desempenho produtivo e comportamental dos animais são cada vez mais necessários, pois acredita-se que o uso de enzimas exógenas possa promover melhoras nos parâmetros produtivos e comportamentais de caprinos.

Diante disto, objetivou-se avaliar os parâmetros produtivos e comportamentais de caprinos em desenvolvimento alimentados com três tipos de enzimas exógenas (amilolíticas, fibrolíticas e mix de enzimas) como aditivos na ração.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Fazenda Experimental Capim Branco, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais. O período de realização foi de 21 de agosto

de 2018 a 14 de novembro do mesmo ano, totalizando 85 dias de estudo sem adaptação prévia dos animais à dieta experimental. O protocolo experimental deste trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais (CEUA) da UFU sob o número 093/16.

Foram utilizados 20 cabritos mestiços, ½ Anglo Nubiano x ½ Saanen, recém-desmamados com idade média de 2 meses. Estes foram divididos em quatro baias coletivas de aproximadamente 20 m² dispostas em galpão de alvenaria, providas de comedouro externo, bebedouro, saleiro e piso ripado suspenso.

A alimentação era composta por silagem de milho e concentrados que diferiam quanto à inclusão de enzima exógena. Além disso os animais possuíam acesso à água e sal mineral ad libitum. Os tratamentos consistiram em: Controle (sem adição de enzima), Allzyme[®] (mix de enzimas), Fibrozyme[®] (enzima fibrolítica) e Amaize[®] (enzima amilolítica). As dosagens utilizadas foram fornecidas pela fabricante (Alltech[®]) (tabela 1).

Tabela 1 – Composição das enzimas exógenas segundo o fabricante Alltech[®]

Composição	Allzyme [®]	Amaize [®]	Fibrozyme [®]
Pectinase	Min. 4000 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*2/g
Celulase	Min. 40 u*/g	-	-
Amilase	Min. 30 u*/g	Min. 600 FAU*1/g	-

*Uma unidade de atividade enzimática equivalente à quantidade de enzima que dextriniza 1 grama de substrato solúvel por minuto, a pH 4,8 e 30°C; *1 Uma unidade de atividade enzimática alfa-amilase equivalente a quantidade de enzima que dextriniza 1 grama de amido solúvel por minuto, a pH 4,8 e 30°C; *2Uma unidade de atividade enzimática xilanase equivalente à quantidade de enzima que libera 1 micromol de xilose por minuto a partir de xilano a pH 5,3 e 50°C.

As dietas foram formuladas de acordo com Nacional Research Council (NRC) (2007) para um ganho médio diário de 200g por cabrito por dia. A composição de ingredientes em função dos tratamentos, a composição do sal mineral e a composição química das rações e da silagem encontram-se na tabela 2.

A ração ofertada aos animais foi composta de 70% de concentrado e 30% de volumoso (silagem de milho). O arraçoamento ocorreu todos os dias em dois períodos, às 08h00 e às 16h00. A cada sete dias os animais foram pesados para ajuste no fornecimento da ração em função de 10% de sobras no cocho.

Diariamente eram mensurados e amostrados os alimentos ofertados e as sobras em balança eletrônica com precisão de cinco gramas. Foi feita uma amostra composta a partir das amostras simples, para cada baia durante os períodos de coleta. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas

em congelador a -15°C. Ao final do ensaio, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas, sendo retirada amostra de 20% do total para posteriores análises laboratoriais.

As amostras de alimento e sobras foram secas em estufas com ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas, processadas em moinho de facas tipo Wiley, em peneira de um milímetro e armazenadas em potes plásticos identificados. Foram então analisadas segundo os procedimentos analíticos padrão do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Zootecnia (INCT-CA) [Silva et al. \(2017\)](#) quanto ao teor de matéria seca (MS; método INCT-CA G-003/1) e proteína bruta (PB; método INCT-CA N-001/1).

Posteriormente calculou-se o consumo de nutrientes através da equação (Eq. 1) proposta por Maynard et al. (1984):

$$CN = (Cons \times \% Cons) - (Sob \times \% Sob) \quad (Eq. 1)$$

Sendo CN = consumo do nutriente (kg); Cons = quantidade de alimento consumido (kg); % cons = teor do nutriente no alimento fornecido (%); Sob = quantidade de sobra retirada (kg); % sob = teor do nutriente nas sobras (%).

Tabela 2 – Composição em gramas por quilogramas e química do concentrado, composição do sal mineral e composição química da silagem de milho

Ingredientes	Controle	Allzyme®	Amaize®	Fibrozyme®	
	Composição g/Kg				
Farelo de milho	800g	800g	800g	800g	
Farelo de soja	150g	150g	150g	150g	
Sal mineral	30g	30g	30g	30g	
Ureia	20g	20g	20g	20g	
Enzimas*	-	150g	150g	180g	
Adsorvente**	400g	400g	400g	400g	
Composição do Sal Mineral g/Kg					
Cálcio (mín./máx.)	157,00/212,47 g	Magnésio (mín.)	21,60 mg		
Fósforo (mín.)	65,00 g	Zinco (mín.)	3600,00 mg		
Enxofre (mín.)	18,00 g	Cobalto (mín.)	64,80 mg		
Sódio (mín.)	117,00 g	Iodo (mín.)	14,40 mg		
Manganês (mín.)	2160,0 mg	Selênio (mín.)	18,00 mg		
Composição bromatológica dos concentrados e da silagem g/Kg					
Fração	Silagem	Controle	Allzyme®	Fibrozyme®	Amaize®
MS	384g	796g	780g	780g	770g
PB	73,6g	163g	182g	165g	1,762g

*Dados fornecidos pelo fabricante para uma mistura total de 200 kg de concentrado. **O produto utilizado foi o Mycosorb®, Alltech®. MS: matéria seca; PB: proteína bruta.

Os cálculos das atividades foram feitos em minutos por dia, admitindo-se que, nos cinco minutos subsequentes a cada observação, o animal permaneceu na mesma atividade. Já o tempo total gasto em mastigação (MAST) foi determinado somando-se os tempos gastos em ingestão (ING) e ruminação (RUM).

Para avaliação de desempenho, foram realizadas medidas morfométricas quinzenalmente nos dias: d0, d15, d30, d45, d60, d75 e d90, totalizando sete avaliações ao longo do período. Todas as avaliações foram realizadas pela manhã antes da primeira refeição. As avaliações foram realizadas com auxílio de uma fita métrica, com o animal calmo e contido em uma superfície plana com postura alinhada, sempre pelo mesmo avaliador objetivando retirar o efeito da subjetividade da análise e do analista.

As medidas biométricas utilizadas para avaliar o crescimento corporal dos animais foram:

Altura do anterior (AA): distância vertical entre o ponto mais alto (no sentido da escápula) e o solo;

Altura do posterior (AP): distância vertical entre o ponto mais alto (no sentido do osso ílio) e o solo;

Comprimento corporal (CC): distância entre a base da cauda (osso ísquio) e a base do pescoço (face lateral da junção escápulo-umeral);

Circunferência torácica (CT): aferida na parte posterior das escápulas junto às axilas;

Largura de peito (LP): distância entre as faces laterais das articulações escápulo-umerais do lado esquerdo e direito;

Circunferência de barril (CB): circunferência da parte inferior às costelas onde se localiza o vazio.

Para avaliação do peso corporal (PC), foi utilizada balança digital com precisão de dois gramas. O escore de condição corporal (ECC) foi realizado sempre pelo mesmo avaliador (devido à subjetividade da análise), por pessoa treinada, através da palpação da 12ª e 13ª vértebras lombares, permitindo a avaliação da deposição de gordura no animal. Foi utilizada escala proposta por Russel et al. (1969): 1- muito magra; 2- magra; 3- normal;

4- gorda; 5- obesa. Ambas análises foram aferidas nos mesmos dias das avaliações biométricas, sempre antes da primeira refeição ofertada.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado seguindo o modelo:

$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + (T * P)_{ij} + e_{ijk}$; em que Y é a observação, μ é a média geral, T_i é o efeito fixo do tratamento (Controle, Amaize[®], Allzyme[®] e Fibrozyme[®]), P_j é o efeito fixo de período experimental, $(T * P)_{ij} + e_{ijk}$ é a interação tratamento e período e e_{ij} é o erro aleatório.

Cada tratamento dispôs de cinco repetições. Todos os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro; Wilk, 1965) e homocedasticidade (Levene, 1960) de variância do resíduo. Aceitos estes pressupostos os dados foram submetidos à análise variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) com nível de significância de 5% para o erro tipo I. Para o período foi utilizado estudo de regressão dos efeitos lineares e quadráticos com nível de significância de 5% para o erro tipo I. A variável consumo de matéria seca foi avaliada por estatística descritiva entre os tratamentos por falta de repetições das baias. A variável ECC foi avaliada por estatística não paramétrica, por meio do teste de Kruskal e Wallis (1952)

seguido pelo procedimento de Conover (1980) com nível de significância de 5% de probabilidade de erro tipo I. Foi considerada tendência significativa o P valor maior que 0,05 e menor que 0,10.

Resultados e discussão

O consumo de matéria seca foi similar entre os tratamentos (tabela 3). Com média geral de ingestão de 0,63 kg de MS animal-1 dia-1, o consumo se mostra adequado para a espécie segundo recomendações do NRC (2007), que traz indicações de CMS ideal de 0,65 kg de MS animal-1 dia-1 para caprinos em crescimento com ganhos de até 200 g dia-1. Portanto, independente do uso de enzimas exógenas o CMS esteve dentro do recomendado para a categoria.

Como a dieta é constituída por 70% de concentrado (na qual 80% é farelo de milho) e 30% de silagem de milho (que possui em média 25% de amido, de acordo com Valadares Filho, 2006), os tratamentos Amaize[®] e Fibrozyme[®], o consumo de matéria seca por animal apresentaram resultados superiores numericamente aos demais tratamentos, ambos com valores acima do recomendado pelo NRC (2007) (3,08% e 1,53%, respectivamente).

Tabela 3 – Consumo de matéria seca por cabritos alimentados com enzimas exógenas na dieta

Consumo de matéria seca total da baia (kg dia-1)				
Tratamento	MG	DP	CV (%)	EPM
Controle	3,26	0,40	12,52	0,11
Amaize [®]	3,22	1,05	32,80	0,30
Allzyme [®]	3,25	0,54	16,60	0,15
Fibrozyme [®]	3,31	0,50	15,29	0,14
Consumo médio de matéria seca por animal (kg dia-1)				
Tratamento	MG	DP	CV (%)	EPM
Controle	0,65	0,08	12,53	0,02
Amaize [®]	0,67	0,17	26,53	0,05
Allzyme [®]	0,54	0,08	16,60	0,02
Fibrozyme [®]	0,66	0,10	15,29	0,02

MG: média geral; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; EPM: erro padrão da média. *Baia com tratamento Allzyme[®] possuía maior número de animais.*

O tratamento Amaize[®], que é constituído por enzimas amilolíticas, possui característica de uma maior facilidade em degradar amido contido no alimento. Dessa forma, uma maior degradação deste nutriente pode ter causado um aumento na produção de ácidos graxos voláteis e conseqüentemente no teor de energia disponível no ambiente ruminal. Uma maior quantidade de energia reflete em uma maior capacidade dos microrganismos em degradar as partículas fibrosas, através da redução

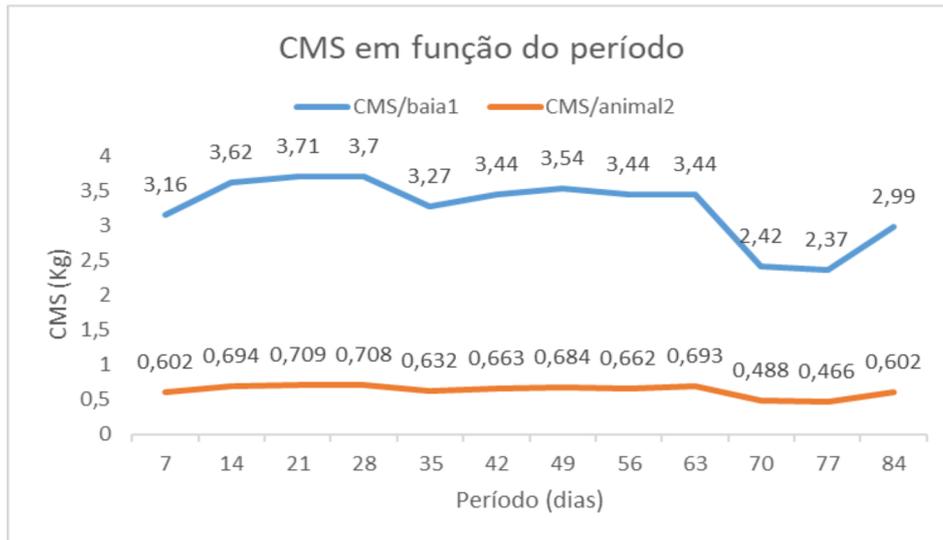
do tempo de colonização das partículas (Mertens et al., 1994). O tratamento Fibrozyme[®] composto de enzimas fibrolíticas, também auxilia na redução do “lag time”, contribuindo assim para uma degradação mais rápida da parede celular vegetal possibilitando maior aproveitamento de carboidratos não fibrosos contidos na dieta. Contudo, ressalta-se que esses resultados são apenas numéricos, pois devido à ausência de repetições o consumo em função dos tratamentos foi apenas descritivo.

Acredita-se que ambos tratamentos podem ter proporcionado uma digestão mais rápida e maior aproveitamento dos nutrientes contidos na dieta, acarretando em maior fluxo de nutrientes, que acaba aumentando a taxa de passagem desses animais (Mertens et al., 1994). Segundo Macedo Júnior et al. (2007), a elevação da taxa de passagem provoca um esvaziamento do trato digestório mais rápido, o que permite aos animais a possibilidade

de realizar uma nova refeição, justificando assim o maior CMS (apenas matemático) dos cabritos que receberam os tratamentos de enzimas amilolíticas (Amaize®) e fibrolíticas (Fibrozyme®).

Houve efeito quadrático sobre o CMS por baia e animal ($P < 0,05$) demonstrado pelo aumento constante da ingestão de alimento nos primeiros 60 dias de estudo, seguidos de um decréscimo após este período (figura 1).

Figura 1 – Consumo de matéria seca de caprinos alimentados com enzimas exógenas na dieta em função do período experimental



$1Y = 3,273330 + 0,019657x - 0,000341x^2$, $R^2 = 55,82\%$; $2Y = 0,623347 + 0,003824x - 0,000062x^2$, $R^2 = 46,45\%$; P baia: 0,0290; MG baia: 3,26; CV baia: 17,70; L baia: 0,0020; Q baia: 0,0420. P animal: 0,0151; MG animal: 0,633; CV animal: 15,91; L animal: 0,0060; Q animal: 0,0360; P: P valor de 5% de significância; MG: média geral; CV: coeficiente de variação; L: valor de P para Linear; Q: valor de p para quadrática.

O aumento gradativo do CMS é explicado pela fase de crescimento dos animais. Tal aumento ocorreu durante o período de 60 a 120 dias de vida dos cabritos, aproximadamente, fase em que estes passam pelo desenvolvimento corporal (ósseo e muscular) mais intenso. Sendo assim, com o crescimento e desenvolvimento de tecidos acontecendo em um ritmo acelerado, deve haver energia e nutrientes em níveis adequados para o crescimento muscular, o que justifica os valores encontrados sempre acima do recomendado pelo NRC (2007).

Após esse crescimento atingir o ponto máximo, ou ponto de inflexão (Zapata et al., 2001), o CMS tende a diminuir, como observado a partir do período de 70 dias na figura 1. Dentre os fatores que podem ter contribuído com a redução do consumo após este período, destaca-se a possibilidade de que estes animais tenham atingido o seu limite de ingestão necessário para atender suas exigências nutricionais (Oliveira et al., 2018). Visto que em todo o momento experimental a média de CMS ficou acima do recomendado, decaindo por volta do 5º mês de vida dos animais. Período de estabilidade das exigências nutricionais devido à proximidade da puberdade fisiológica da espécie, onde a taxa de crescimento se torna linear e o ganho de peso se dará pela maior deposição de gordura (Zapata et al., 2001).

Para o comportamento ingestivo não houve efeito do uso de enzimas exógenas nas atividades de ING, RUM, ócio e MAST (tabela 4) ($P > 0,05$). O tempo médio gasto pelos cabritos foi de 198,6 minutos em ING, 262,2 minutos em RUM e 978 minutos em ócio.

De acordo com Van Soest (1994), a atividade de RUM dos animais adultos dura em torno de 8 horas por dia, podendo variar entre 4 e 9 horas. O resultado obtido (4,37 horas de RUM) está bem próximo ao limite inferior proposto pelo autor. O fato da dieta ser composta por 70% de concentrado, explica o valor encontrado, visto que este é um alimento mais facilmente ingerido e digerido pelos animais.

De acordo com Mertens (1987), dietas com elevados teores de concentrado são ricas em carboidratos não fibrosos, rapidamente digeridos no rúmen, acarretando redução do estímulo à RUM. A fração volumosa da dieta, constituída por silagem de milho, também contribui para reduzir o tempo gasto na RUM, já que a fibra fisicamente efetiva da silagem de milho corresponde entre 40% a 50% de sua composição (Owens, 2010), o que reduz a sua capacidade de manter efetivamente a MAST (Mertens, 1997).

Tabela 4 – Comportamento ingestivo de caprinos alimentados com enzimas exógenas na dieta

Tratamento	ING (min dia-1)	RUM (min dia-1)	OCIO (min dia-1)	MAST (min dia-1)
Controle	224,75	260,50	954,75	485,25
Amaize®	188,61	258,33	993,05	446,94
Fibrozyme®	217,25	243,00	979,75	460,25
Allzyme®	166,04	287,91	986,04	453,95
MG	199,16	262,44	978,40	461,60
P	0,1915	0,1804	0,7709	0,7709
Período (dias)	ING ¹ (min dia-1)	RUM (min dia-1)	OCIO ² (min dia-1)	MAST ³ (min dia-1)
0	232,38	273,80	933,80	506,19
30	195,00	284,52	960,47	479,52
60	179,25	240,50	1020,25	419,75
90	183,00	254,75	1002,25	437,75
MG	197,80	263,78	978,41	461,58
CV	22,38	24,75	12,34	26,17
P	0,0142	0,2973	0,0028	0,0028

ING: ingestão, RUM: ruminação; MAST: mastigação; MG: média geral; CV: coeficiente de variação; P: valor de 5% de significância; 1Y= 221,991667 - 0,546310x, R2= 76,04%; 2Y= 939,432143 + 0,883651x, R2= 75,94%; 3Y= 500,567857 - 0,883651x, R2= 75,94%.

Os animais gastaram em média 7,68 horas com MAST (somatório das atividades ING e RUM), de acordo com Van Soest (1994), esta atividade é essencial para a produção de saliva, a qual atua no tamponamento ruminal, evitando distúrbios metabólicos, e proporcionando pH adequado para ação de microrganismos ruminais e enzimas exógenas (Oliveira et al., 2018).

De acordo com Oliveira et al. (2018), dietas com maior teor de concentrado promovem redução do CMS (figura 1) devido à característica de maior solubilidade e fermentabilidade, acarretando em redução da RUM, e consequentemente redução da MAST pelo animal (tabela 4).

Em relação ao período experimental, o tempo dispendido em ING e MAST reduziu no decorrer do experimento apresentando resposta linear negativa ($p < 0,05$). Em contrapartida houve efeito linear positivo para OCIO, com aumento exponencial ao longo do período. A redução linear do tempo de ING ao longo do período experimental coincide com o momento em que esses animais reduzem a velocidade de crescimento (tabela 6), atingindo o ponto de inflexão após alcançarem a puberdade e consequentemente diminuindo o CMS (figura 1).

Não houve efeito do uso de enzimas exógenas no desempenho de cabritos em crescimento ($P > 0,05$) (tabela 5).

Tabela 5 – Desempenho de caprinos alimentados com enzimas exógenas na dieta

Tratamento	GMD	GPT
Controle	0,169	15,26
Amaize®	0,150	13,56
Fibrozyme®	0,180	16,28
Allzyme®	0,136	12,26
MG	0,158	14,27
CV	22,77	22,77
P	0,2256	0,2260

GMD: ganho médio diário; GPT: ganho de peso total; MG: média geral; CV: coeficiente de variação; P: valor de 5% de significância.

A média geral de GMD encontrado foi de 0,158 g dia-1, valor abaixo do estimado durante a formulação da dieta seguindo as recomendações do NRC (2007), que visava um ganho de 200 g animal-1 dia-1. Tal formulação foi feita baseada em ganhos de animais de corte visando produção de carne, no entanto os animais deste estudo eram animais mestiços ½ de raça leiteira (Saanen) e dupla aptidão (Anglo Nubiana). O que justifica o menor desempenho devido às características genotípicas desses animais.

De acordo com Lu e Potchoiba (1988), caprinos mestiços de origem leiteira podem conseguir um GMD

em torno de 0,150 g dia-1 se alimentados com volumoso de boa qualidade e concentrado. Gomes (2008) registrou GMD de 0,137 g dia-1 em cabritos mestiços Anglo Nubiano x Alpino, enquanto Souza (2014) registrou GMD de 0,113 g dia-1 para cabritos Anglo Nubianos puros, valores que corroboram com o presente estudo.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para medidas morfométricas de caprinos em crescimento ($P > 0,05$) (Tabela 6). As variáveis AA, CC, CB, CT e PC apresentaram efeito quadrático ao longo do período de avaliação, enquanto AP apresentou efeito linear positivo para o período ($P < 0,05$).

Tabela 6 – Medidas morfométricas de caprinos alimentados com enzimas exógenas na dieta

Tratamento	AA (cm)	AP (cm)	CT (cm)	CB (cm)	CC (cm)	ECC*	Peso (kg)
Controle	57,88	60,28	65,17	71,11	58,65	2,87	24,35
Amaize®	59,69	62,06	66,57	72,21	59,60	2,90	25,53
Fibrozyme®	58,40	60,94	67,00	76,62	59,71	3,15	26,85
Allzyme®	58,09	60,35	65,23	73,26	58,30	2,89	24,15
P	0,8092	0,8579	0,8993	0,6820	0,8941	0,4823	0,7621
Período (dias)	AA ¹ (cm)	AP ² (cm)	CT ³ (cm)	CB ⁴ (cm)	CC ⁵ (cm)	ECC*	Peso ⁶ (kg)
0	53,04	55,04	57,28	63,90	51,28	2,66 B	16,77
15	55,66	57,85	60,90	68,09	54,80	2,61 B	20,64
30	56,80	59,23	64,90	74,19	56,95	2,97 AB	23,51
45	58,90	61,04	67,23	75,28	61,42	3,04 A	26,43
60	60,47	62,95	69,04	78,33	62,71	3,11 A	28,71
75	62,35	64,60	70,75	79,00	63,95	3,15 A	29,63
90	62,95	65,75	72,05	80,00	64,55	3,10 A	30,95
MG	58,54	60,86	65,95	74,04	59,02	2,95	25,16
CV	16,61	15,76	19,29	21,05	16,02	XXX	10,91
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000

AA: altura de anterior; AP: altura de posterior; CT: circunferência torácica; CB: circunferência de barril; CC: comprimento corporal; ECC: escore de condição corporal; P: valor de 5% de significância; MG: média geral; CV: coeficiente de variação; 1Y = 53,147052 + 0,146944x - 0,000396x² R² = 99,31%; 2Y = 55,644643 + 0,117398x R² = 98,99%; 3Y = 57,290249 + 0,277115x - 0,001277x² R² = 99,77%; 4Y = 63,828798 + 0,363379x - 0,002074x² R² = 98,61%; 5Y = 50,310544 + 0,283112x - 0,001351x² R² = 97,26%; 6Y = 16,783505 + 0,269513x - 0,001255x² R² = 99,85%; *Letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste não paramétrico de Kruskal e Wallis (1952).

O aumento nas medidas morfométricas ao longo do período experimental ocorreu devido à fase de aceleração do desenvolvimento dos caprinos, proporcionado pelo crescimento acentuado no período inicial do experimento até o período d75, correspondente ao momento em que a puberdade é atingida pelos animais.

De acordo com Bridi (2006), o crescimento apresenta características alométricas (cada tecido possui velocidade diferente de crescimento), o primeiro tecido a

ser depositado é o tecido nervoso, na sequência vem o tecido ósseo, o muscular e o adiposo por último. No ponto de inflexão da curva do crescimento, que corresponde à puberdade do animal, a taxa de crescimento se torna linear, os hormônios do crescimento são substituídos pelos hormônios da reprodução, e a partir desse momento, o ganho de peso se dá pela maior deposição de gordura.

O ECC apresentou diferença estatística entre os períodos sendo d45, d60, d75 e d90 estatisticamente

semelhantes a d30 e superiores aos períodos d0 e d15. O controle do ECC é uma ferramenta importante, pois além da praticidade na avaliação ele está relacionado ao estado nutricional dos animais. Pode-se inferir, portanto, que o aumento do ECC ao longo do período foi o responsável pela diferença estatística apresentada, visto que o ECC está diretamente relacionado ao PC dos animais que se encontravam na maior fase de crescimento corporal.

Houve interação entre tratamento e período experimental para a variável LP (tabela 7). Com exceção do grupo controle que apresentou efeito linear positivo ($P < 0,05$), todos os tratamentos com inclusão de enzimas apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$), com aumento dos valores no decorrer do experimento, mas com decréscimo no período final.

Tabela 7 – Interação entre tratamento e período experimental para Largura de Peito (cm) de caprinos alimentados com enzimas exógenas na dieta

Período	Controle ¹	Amaize ^{®2}	Fibrozyme ^{®3}	Allzyme ^{®4}
0	18,20	17,60	17,60	17,33
15	17,60	18,00	17,50	16,83
30	18,80	20,40	20,80	19,66
45	19,80	21,40	21,20	20,50
60	20,20	21,40	22,20	20,83
75	20,80	22,00	21,00	21,00
90	22,20	23,00	22,80	21,16
MG		19,98		
CV		20,47		
P		0,0119		

MG: média geral; CV: coeficiente de variação; P: valor de 5% de significância; 1Y = 17,535714 + 0,047143x2, R2 = 42,25%; 2Y = 17,366667 + 0,098095x - 0,000413x2, R2 = 94,61%; 3Y = 17,169048 + 0,113333x - 0,000624x2, R2 = 84,21%; 4Y = 16,678571 + 0,096429x - 0,000803x2, R2 = 89,23%;

A taxa de crescimento dos músculos depende do “turnover” proteico (relação entre metabolismo e catabolismo proteico), e vai ocorrer crescimento quando o incremento anabólico superar as perdas catabólicas (Bridi, 2006). Sendo assim, ambos os tratamentos contribuíram de forma positiva para um maior “turnover” proteico desses animais, possivelmente devido às características e qualidade da dieta, causando assim um maior crescimento da LP em relação ao período.

A utilização de enzimas exógenas como aditivo na dieta não altera os parâmetros produtivos e comportamentais de caprinos em desenvolvimento.

Contribuições dos autores

ABIDF: Redação do artigo. LEGV: Participação na execução e análises do projeto. MTSS, KAO, MRDO: Participação na execução, redação e análises do projeto. GDLMJ: Autor intelectual do projeto e redação do artigo, AGS: Parte do trabalho de conclusão curso do autor.

Conclusão

Referências Bibliográficas

Beauchemin, K. A.; Colombatto, D.; Morgavi, D. P.; Yang, W. Z. Rode, L. M. 2004. Mode of action of exogenous cell wall degrading enzymes for ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, 84 (1): 13–22. Doi: <https://doi.org/10.4141/A02-102>.

Bridi, A. M. 2006. Crescimento e desenvolvimento do tecido muscular. Universidade Estadual de Londrina. Repositório. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Crescimentoedesenvolvimentomuscular.pdf>.

Fagundes, N. S.; Caires, C. M.; Fagundes, N. S.; Benedett, F. E. 2008. Enzimas na alimentação de ruminantes. *Revista eletrônica nutritime*. 5 (1): 489–494. Disponível em: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-027.pdf>.

Fischer, V.; Deswysen, A. G.; Dèspres, L.; Dutilleul, P.; Lobato, J. F. P. 1998. Padrões nectemerais do comportamento ingestivo de ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27: 362–369. Disponível em: https://www.academia.edu/34029978/Padr%C3%B5es_Nectemerais_do_Comportamento_Ingestivo_de_Ovinos.

- Freitas, P. R. 2012. Efeito de enzimas amilolíticas de *Aspergillus awamori* sobre a digestão do amido em bovinos. Dissertação Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/2501/1/PATRICIA%20RABELO%20DE%20FREITAS.pdf>.
- Ganazares, G. I. L. 2011. Parâmetros ruminais e produtivos de cabras alimentadas de cana-de-açúcar e ou silagem de milho. Universidade Estadual Paulista, p. 62–66. Disponível em: <https://www.fmvz.unesp.br/Home/ensino/pos-graduacao/768/zootecnia/dissertacoes/eteses/gilignacio-lara-canizares.pdf>.
- Levene, H. 1960. Robust Test for Equality of Variances, In I. O. et al., ed., Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotteling, Stanford University Press, California, United States, 278–292.
- Lu, C.D.; Potchoiba, M.J. 1988. Milk feeding and weaning of goat kids. A review, Small Ruminant Research, 1 (2): 105–112. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301734250>.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. V.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Fonseca, M. A. 2009. Rumen degradation and intestinal digestibility of crude protein in feeds for cattle. Revista Brasileira de Zootecnia, Scielo. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100026>.
- Macedo Junior, G. L.; Zanine, A. M.; Pérez, J. R. O.; Borges, I. 2007. Qualidade da Fibra para a Dieta de Ruminantes. Ciência Animal, 17, 7–18. Doi: [10.5216/cab.v13i4.18826](https://doi.org/10.5216/cab.v13i4.18826).
- Maynard, L. A.; Loosli, J. K.; Hintz, H. F.; Warner, R. G. 1984. Nutrição animal. 3. ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: National Conference on Forage Quality. Evaluation and Utilization, 1994. Anais... Lincoln: University of Nebraska. 450–493.
- Nacional Research Council - NRC. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington, USA.
- Oliveira, K. A.; Macedo Júnior, G. L.; Silva, S. P.; Araujo, C. M.; Varanis, L. F. M.; Sousa, L. F. 2018. Nutritional and metabolic parameters of sheep fed with extruded roughage in comparison with corn silage. Semina. Ciências Agrárias, 39, 1804–1975. Doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1795>.
- Owens, F. Optimization of feedlot diets with high density of energy and nutrients. 2010. II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte.
- Russel, A. J. F.; Doney, J. M.; Gunn, R. G. 1969 Subjective assessment of body fat in live sheep. Journal Agricultural Science, 72, 451–454. Doi: [doi:10.1017/S0021859600024874](https://doi.org/10.1017/S0021859600024874).
- Shapiro, S. S.; Wilk, M. B. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality, (Complete Samples). Biometrika, 52, 591–611. Doi: <https://dx.doi.org/10.2307/2333709>.
- Silva, T. E.; Detmann, E.; Saliba, E. O. S.; Palma, M. N. N.; Valadares Filho, S. C. 2017. Comparação de métodos in vitro para a quantificação da digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro de forragens e concentrados. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Scielo, ano 2017, 69: 1–10. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9096>.
- Souza, D. S.; Silva, H. P.; Carvalho, J. M. P.; Melo, W. O.; Monteiro, B. M.; Oliveira, D. R. 2014. Desenvolvimento corporal e relação entre biometria e peso de cordeiros lactantes da raça Santa Inês criados na Amazônia. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 1787–1794. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-7364>.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press.
- Zapata, J. F. F.; Seabra, L. M. J.; Nogueira, C. M.; Bezerra, L. C.; Beserra, F. J. (2001). Características de carcaça de pequenos ruminantes do nordeste do Brasil. Revista Ciência Animal, 11 (2), 79–86.
- Viva, A. P. P. G. 2018. Indicadores de bem-estar animal em caprinos sob duas abordagens analíticas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p. 1–107. Disponível em: <http://www.repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/prefix/1041/1/Indicadores%20de%20bemestar%20animal%20em%20caprinos....pdf>.
- Vieira, M. M. M.; Furtado, F. M. V.; Cândido, M. J. D.; Barbosa Filho, J. A. D.; Cavalcante, A. C. R.; Magalhães, J. A.; Costa, N. L. 2016. Aspectos fisiológicos e bioclimáticos de caprinos nas regiões semiáridas. Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia, Pubvet. v. 10, n. 5, p. 356–369. Doi: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n5.356-369>.