



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM DIETAS
ADITIVADAS COM EXTRATO ALCALOÍDICO DE
ALGAROBA PARA TERMINAÇÃO DE OVINOS**

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Fevereiro de 2022

LARISSE BORGES SOUSA

**NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM DIETAS ADITIVADAS COM
EXTRATO ALCALOÍDICO DE ALGAROBA PARA
TERMINAÇÃO DE OVINOS**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientadora: Prof. D.Sc. Mara Lúcia Albuquerque Pereira
Coorientadores: Prof. D.Sc. Herymá Giovane de Oliveira Silva
Prof. D.Sc. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Fevereiro de 2022

636.085 Sousa, Larisse Borges.

S697n Níveis de proteína bruta em dietas aditivadas com extrato alcaloídico de algaroba para terminação de ovinos. / Larisse Borges Sousa. – Itapetinga-BA: UESB, 2022.

36f.

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação da Prof.^a D. Sc. Mara Lúcia Albuquerque Pereira e coorientação do Prof. D. Sc. Herymá Giovane de Oliveira Silva e do Prof. D. Sc. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.

1. Ovinos - Extrato alcaloídico de algaroba - Dieta. 2. Ovinos - Algaroba – Aditivo – Desempenho produtivo e metabolismo de nitrogênio. 3. Ovinos - Algaroba – Dieta – Medidas morfométricas. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Pereira, Mara Lúcia Albuquerque. III. Silva, Herymá Giovane de Oliveira. IV. Pereira, Luiz Gustavo Ribeiro. V. Título.

CDD(21): 636.085

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5^a Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Ruminantes – Dieta – Metabolismo proteico
2. *Prosopis juliflora* - Extrato alcaloídico
3. Algaroba - Extrato alcaloídico - Dieta de proteína bruta – Ovinos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO


Título: “Níveis de proteína bruta em dietas aditivadas com extrato alcalóidico de algaroba para terminação de ovinos”.

Autor (a): Larisse Borges Sousa

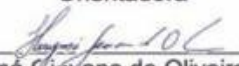
Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Mara Lúcia Albuquerque Pereira

Coorientador (a): Prof. Dr. Herymá Giovane de Oliveira Silva

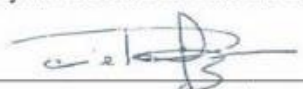
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



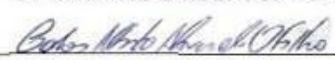
Prof^a. Dr^a. Mara Lúcia Albuquerque Pereira - UESB
Orientadora



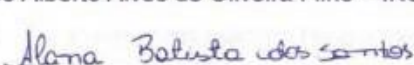
Prof. Dr. Herymá Giovane de Oliveira Silva – UESB



Dr^a. Daniela Batista Oss - UFV



Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira Filho – INSTITUTO CNA



Dr^a. Alana Batista dos Santos

Data de realização: 25 de fevereiro de 2022.

-Estabelecer metas é dar luz à caminhada. ||

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

A minha amada mãe;

À professora Mara Lúcia Albuquerque Pereira, pela orientação;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB e ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia;

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo;

À FAPESB, pelo auxílio financeiro ao projeto;

Ao professor Herymá Giovane de Oliveira Silva, pela coorientação;

A Vírgina Patrícia pela divisão de trabalho e responsabilidades durante o experimento;

Aos ICs, Thamiris, Joice, Cleiton, Helio, Keven e Ana Cristina pela ajuda para realização do experimento;

A Priscila Coelho, Érica Vilasboas, Vivian Coelho, Fernanda Galvão, Talita Aguiar, Samara Silva, Érick Rocha, Leinha, Eliseu, Joane Raquel e George;

Ao professor Paulo Bonomo pelos ensinamentos em relação a estatística;

A Zé Queiroz pela ajuda na realização das análises laboratoriais;

Aos funcionários, Seu Pedro, Bogoiô, Guilhermão pela ajuda;

Aos animais utilizados nesta pesquisa por todo sacrifício em prol da ciência;

BIOGRAFIA

LARISSE BORGES SOUSA, filha de Rita Carvalho Borges Santos e Laurindo Brigido Sousa Filho. Nasceu em Ilhéus, no dia 27 de outubro de 1990. Em 27 outubro de 2015, concluiu o curso de Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Em abril de 2016, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, realizando estudos na área de Nutrição de Ruminantes. Em março de 2018, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, realizando estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

SUMÁRIO

	Página
Lista de abreviações	VII
Lista de tabelas	VII
Resumo.....	IX
Abstract	XI
I – Referencial Teórico.....	1
1. Introdução.....	1
1.1. Revisão de literatura	2
1.2. Alcaloides piperidínicos da algaroba (APA).....	2
1.3. Metabolismo de proteína	2
1.4. Proteína na dieta e desempenho de ovinos	6
1.5. Referências Bibliográficas.....	7
II – Objetivo	10
2.1. Objetivo geral.	10
2.2. Objetivos específicos.	10
III – Material e métodos	11
3.1. Matéria-prima vegetal.....	11
3.2. Obtenção do extrato alcaloidico da algaroba.....	11
3.3. Local e animais.	11
3.4. Dietas experimentais.....	12
3.5. Análises bromatológicas e químicas.....	13
3.6. Consumo, digestibilidade dos nutrientes	14
3.7. Balanço de nitrogênio.	15

3.8. Ureia (urina e plasma).	15
3.9. Síntese microbiana.....	15
3.10. Desempenho, medidas morfométricas, Carcaça e Órgãos internos.	15
3.11. Análise estatística	17
IV- Resultados.....	18
4.1. Desempenho produtivo e metabolismo de nitrogênio	18
4.2. Medidas morfométricas, carcaça, e órgãos internos.....	25
V- Discussão.	28
5.1. Desempenho produtivo e metabolismo de nitrogênio	28
5.2. Medidas morfométricas, carcaça e órgãos internos.....	33
VI- Conclusões.....	35
VII- Referências.....	36

LISTA DE ABREVIACÕES

APA Alcaloides piperidínicos de algaroba

BN Balanço de nitrogênio

CDA Coeficiente de digestibilidade aparente

CNF Carboidratos não fibrosos

DP Derivados de purina

EE Extrato etéreo

ECB Extrato clorofórmico básico

EEB Extrato etanólico bruto

EPM Erro padrão da média

FDNCP Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína

MO Matéria orgânica

MS Matéria seca NI Nitrogênio ingerido

ND Nitrogênio digerido

NDT Nutrientes digestíveis totais

NF Nitrogênio fecal

NMic Nitrogênio microbiano

NU Nitrogênio urinário

N-Ureico Nitrogênio ureico

PA Purina absorvida

PB Proteína bruta

PC^{0,75} Peso corporal metabólico

PMic Proteína microbiana

VPC Variação de peso corporal

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Proporção de ingredientes (g/kg, base da MS)	12
TABELA 2. Composição química dos concentrados (g/kg, base da MS)	13
TABELA 3. Consumo de nutrientes por ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	19
TABELA 4. Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes por ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	20
TABELA 5. Balanço de nitrogênio por ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	21
TABELA 6. Excreções diárias de ureia e nitrogênio ureico por ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	22
TABELA 7. Síntese microbiana em ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	22
TABELA 8. Concentrações plasmáticas de ureia em ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	23
TABELA 9. Desempenho de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	24
TABELA 10. Medidas morfométricas de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	25
TABELA 11. Características da carcaça de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	26
TABELA 12. Órgãos internos de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA.....	27

RESUMO

Sousa, Larisse Borges. **Níveis de proteína bruta em dietas aditivadas com extrato alcaloídico de algaroba para terminação de ovinos.** Itapetinga, BA: UESB, 2022. 36 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes). *

Objetivou-se avaliar o efeito dos níveis decrescentes de proteína bruta (PB) na dieta aditivada com extrato enriquecido de alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) comparados com dieta controle sem APA sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, excreção urinária de ureia, síntese microbiana, desempenho produtivo, medidas morfométricas corporal, características de carcaça e de órgãos internos e concentração plasmática de ureia. Foram utilizados 40 ovinos (20 fêmeas e 20 machos) Dorper x Santa Inês com 120 dias de idade (PC inicial = 20 ± 2 kg). Os animais foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados (2 x 5), sendo dois blocos (fêmea e macho) e 5 dietas experimentais com níveis de PB (11; 12,66; 14,32 e 15,99 %) com APA e nível máximo de PB (15,99 %) sem APA. Os níveis de PB associados ao APA afetaram quadraticamente ($P < 0,05$) o consumo de MO, MS, EE e FDNcp (g/dia). Enquanto foi observado aumento linear ($P < 0,05$) para o consumo de PB e redução linear para consumo de CNF (g/dia). Não houve diferença ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade de MO, MS, EE, FDNcp e CNF. Houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) dos níveis de PB sobre a digestibilidade da PB. Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para digestibilidade dos componentes nutricionais entre as dietas com níveis de PB e APA e dieta controle, exceto para digestibilidade da PB, em que a dieta 11% reduziu a digestibilidade. Houve efeito ($P < 0,05$) linear crescente para o nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio digerido (ND), nitrogênio retido (NR), bem como para frações do nitrogênio digerido (ND) e retido (NR) em relação ao ingerido (%NI). Foi observado aumento linear para as excreções de ureia (g/dia; mg/kg PC; e mmol/kg PC^{0,75}) e N-ureico (mg/kg PC). Os níveis de PB na dieta e a adição ou não do APA não afetaram ($P > 0,05$) a síntese microbiana. Não houve diferença ($P > 0,05$) para as variáveis do desempenho produtivo dos animais alimentados com as dietas experimentais. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) para as medidas morfométricas dos animais. Os níveis crescentes de PB associados ao APA não afetaram ($P > 0,05$) o peso da carcaça quente e fria (PC_q e PC_f; kg). O rendimento de carcaça fria foi afetado linearmente pelos níveis crescentes de PB. Não houve efeito ($P > 0,05$) para gordura subcutânea (GSC). A concentração plasmática de ureia (mg/dl) foi maior ($P < 0,05$) para dieta controle comparada com dieta 11% PB (APA). Não foi observado efeito ($P > 0,05$) sobre a gordura cavitária e perirrenal em relação aos níveis de PB associados ao APA é um potencial aditivo para melhorar o metabolismo proteico de ruminantes.

Palavras-chave: desempenho, fitoquímicos, ionóforo, mesquite, nitrogênio, plantas

* Orientadora: Mara Lúcia Albuquerque Pereira, Dra. UESB e Co-orientadores: Heryma Giovane Oliveira Silva, Dr. UESB e Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Dr. UESB.

ABSTRACT

Sousa, Larisse Borges. **Different concentrations of crude protein in diets with alkaloid extract of mesquite for finishing sheep.** Itapetinga, BA: UESB, 2022. 36 p. Thesis. (Doctoral in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production). *

The purpose of this study was to evaluate the effect of increasing levels of crude protein (CP) in the diet supplemented with extract enriched with piperidine alkaloids of mesquite (MPA) compared with control diet without MPA on intake, digestibility, nitrogen balance, urinary excretion of urea, microbial synthesis, growth performance, body morphometric measurements, carcass and internal organ characteristics and plasma urea concentration. 40 sheep Dorper x Santa Inês (20 females and 20 males) with 120 days of age (initial CP = 20 ± 2 kg) were used. The design used was randomized blocks (female and male). The treatments consisted of 5 experimental diets with increasing levels of CP (11, 12.66, 14.32 and 15.99%) with MPA and maximum level of CP (15.99%) without MPA. The increasing levels of CP associated with MPA affected quadratically ($P < 0.05$) the intake of OM, DM, EE and NDFap (g / day). While a linear increase ($P < 0.05$) was observed for the intake of CP and a linear reduction for CNF intake (g / day). There was no difference ($P > 0.05$) for the digestibility coefficients of OM, DM, EE, NDFap and NFC. In contrast, the polynomial contrast showed an increasing linear component for the effect of CP levels in the diet on the digestibility of CP in the diets. There was no effect ($P > 0.05$) for the digestibility coefficients of the nutritional components when compared to the control diet, except for CP digestibility. There was a linear ($P < 0.05$) increasing effect for ingested nitrogen (IN), digested nitrogen (DN), retained nitrogen (RN), as well as for fractions of digested and retained nitrogen in relation to ingested (DN (% IN), and RN (% IN), an increasing linear effect was observed for urea excretions (g / day; mg / kg BW; and mmol / kg BW 0.75) and N-urea (mg / kg BW). The levels of CP in the diet and the addition or not of the MPA did not affect ($P > 0.05$) the microbial synthesis, there was no difference ($P > 0.05$) for the variables of the productive performance of the animals fed with the experimental diets. There was no effect ($P > 0.05$) for the morphometric measurements of the animals. The increasing levels of CP associated with MPA did not affect ($P > 0.05$) the weight of the hot and cold carcass (WCh and WCc; kg). The cold carcass yield was affected linearly by increasing levels of CP associated with MPA. There was no effect ($P > 0.05$) for subcutaneous fat (SF). An effect ($P < 0.05$) was observed for plasma urea concentration (mg / dl) for animals fed a control diet for animals fed 11% CP (MPA). There was no effect ($P > 0.05$) on cavity and perirenal fat in relation to the levels of CP associated with MPA. MPA is a potential additive to improve the protein metabolism of ruminants.

Keywords: performance, phytochemicals, ionophore, mesquite, nitrogen, plants

* Adviser: Mara Lúcia Albuquerque Pereira, Dra. UESB e Co-adviser: Herymá Giovane Oliveira Silva, Dr. UESB e Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Dr. UESB.

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

A produção animal assume um papel importante na economia de diversos países, sendo no Brasil um dos principais componentes que contribui com o PIB brasileiro juntamente com outras áreas do agronegócio. Segundo o Ministério da agricultura (MAPA), mesmo diante da pandemia causada pelo Sars Cov-2, o setor agropecuário respondeu por 22,9% do que foi vendido pelo país em 2020.

Para os embarques de carne bovina, pela média diária, houve um crescimento de 8,06% no volume e de 25,18% na receita com as exportações. Sendo assim, busca-se aumentar a produtividade, ou seja, uma maior produção com redução de custo e/ou tempo. E, por vezes, essa melhoria da produtividade com o uso de aditivos alimentares que interferem de forma direta na microflora ruminal (MAPA).

Vale salientar que a porção proteica é a fração mais onerosa na alimentação animal. Sendo assim, o uso de aditivos alimentares que funcionam como moduladores da fermentação ruminal pode promover uma eficiência na utilização da proteína dietética e, conseqüentemente, pode proporcionar redução na demanda de proteína pelos animais. E com isso, espera-se também, diminuição nos custos de produção.

O modulador ruminal comumente utilizado é o ionóforo, citamos como exemplo a monensina, que melhora a eficiência energética e proteica ao reduzir a proporção de acetato: propionato (Rogers e Davis, 1982), a quantidade de protozoários ruminais que geram hidrogênio (Russell, 1987) e a produção de CH₄ (Ranga Niroshan Appuhamy et al., 2013), como também, interfere no equilíbrio das membranas de bactérias proteolíticas, reduzindo a deaminação no rúmen de compostos nitrogenados dietéticos, sendo assim, parte da proteína oriunda da dieta passa para intestino para ser absorvida.

Porém, a monensina vem sendo desaprovada em diversos países. A União Europeia proibiu o uso de antibióticos como aditivos alimentares na pecuária para fins não terapêuticos e vários países, inclusive, os Estados Unidos não aprovam o uso de ionóforos, como a monensina, para ovinos (Yang e Carlson 2004; Manero et al., 2006; Jouany e Morgavi, 2007).

Assim, metabólitos secundários extraídos de plantas podem ser viáveis para compor produtos alternativos aos ionóforos por apresentarem vantagens como obtenção por processos não sintéticos mais acessíveis e são compostos por mais de uma molécula

ativa, o que previne o surgimento de resistência microbiana (Stevanovic et al., 2018; Cobellis et al., 2016; Zeng et al., 2015; Cieślak et al., 2013; Sório et al., 2012).

As plantas em sua constituição apresentam metabólicos secundários, como taninos, saponinas, óleos essenciais e alcaloides. Por sua vez, é sabido que esses metabólicos apresentam atividade antimicrobiana, assim, interferindo na digestão de alimentos e fermentação no rúmen.

Neste contexto, o extrato de alcaloídico piperidínico de vagens de algarobeira (*Prosopis juliflora*) pode ser uma alternativa viável para substituir a monensina na dieta de ruminantes, devido aos seus potenciais efeitos inibitórios sobre a metanogênese e a sua atividade antibacteriana, demonstrada em estudos *in vitro* reportados por Santos et al. (2013) e Pereira et al. (2017).

Os alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) podem promover um efeito disruptivo da membrana celular, alterando o transporte de íons e outras substâncias importantes, resultando em morte celular (Choudhary et al., 2005).

O presente estudo foi realizado com base na hipótese de que o teor reduzido de PB associado ao APA não afeta o desempenho de ovinos. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de APA em dietas com níveis de PB em comparação ao nível máximo de PB utilizado sem adição de APA, sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, síntese microbiana, desempenho, medidas morfométricas corporais, excreção urinária de ureia, concentração plasmática de ureia e características da carcaça.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.2. Alcaloides piperidínicos de algaroba

As plantas apresentam diversos mecanismos para produção e sobrevivência, dessa forma, produzem uma grande variedade de compostos químicos. Os compostos químicos secundários consistem num sistema com importante função para a sobrevivência e competição no ambiente (Dixon, 2001; Silva, 2011).

O alcaloide piperidínico algaroba é um metabólico secundário e está ligado diretamente a defesa natural da algarobeira (*Prosopis juliflora*). Sabe-se que as concentrações dos alcaloides variam de acordo com a região, condições edafoclimáticas, época do ano, como também, parte da planta (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). De modo

geral, quanto maior for a adversidade natural imposta a planta, maior será sua concentração como resposta (proteção) natural ao ambiente.

O APA (alcaloide piperidínico da algaroba) surge em meio a busca de uma alternativa sustentável como potencial substituto aos aditivos alimentares tradicionais, tais como, monensina, seguindo a onda mundial para uma produção ambientalmente mais sustentável. Uma vez que, os extratos de plantas vêm sendo estudados por causa da sua atividade antimicrobiana e capacidade de modificar a função gastrointestinal em ruminantes.

O alcalóide piperidino da algaroba possui propriedades anfotéricas que podem ser aumentadas no extrato ácido aquoso, visto que, estas são ionizadas (Santos et al., 2013; Pereira et al., 2016). Esta característica da dupla polaridade pode promover um efeito disruptivo da membrana celular, alterando o transporte de íons e outras substâncias importantes, resultando em morte celular (Choudhary et al., 2005).

Há uma preocupação em relação ao nível de toxicidade do alcaloide piperídico da algaroba, mas sabe-se que níveis até 31,5 mg /kg de MS não apresentou toxicidade para ovinos. Essa preocupação se dá a partir da ação dos alcaloides no organismo animal.

Os alcaloides da *Prosopis juliflora* induzem a ativação glial, citotoxicidade e estimula a produção de óxido nítrico, causando danos neurais em animais intoxicados (Silva et al. 2007). Dessa forma, os animais intoxicados apresentam alterações neuromusculares, como atrofia muscular do masseter, gliose, lesões dos neurônios do núcleo do nervo trigêmeo, também conhecida como doença -cara-torta (Tabosa et al., (2000); Santos (2016)).

Santos (2016), ao utilizar extrato alcaloidico foliar, não observou efeito sobre o consumo e digestibilidade da MS e PB. Também, não observou efeito sobre o GMD e conversão alimentar. Corroborando com os resultados anteriormente citados, Brito (2018), da mesma forma, não observou efeito para o consumo de MS, PB e FDNcp entre animais alimentados com 16% PB (com e sem APA). No entanto, encontrou uma redução do consumo de PB entre os animais alimentados com 13% PB (APA) quando comparados com os alimentados com 16% PB (com e sem APA). Quando comparado a dieta com 16 e 13% PB (APA) observou uma maior digestibilidade da MS, PB e FDNcp para animais alimentados com 16% PB (APA).

1.3. Metabolismo de proteína

Os alimentos vegetais para animais contêm uma ampla variedade de proteínas e compostos nitrogenados não proteicos. As proteínas são moléculas grandes e complexas de cadeias de aminoácidos que estão presentes na parede e no conteúdo celular de todos os vegetais. Enquanto, os compostos nitrogenados não proteicos são moléculas menores, que incluem peptídeos, aminas, amidas, aminoácidos livres, ácidos nucleicos, nitratos e amônia (Schwab et al., 2003).

A proteína é o principal nutriente limitante para ruminantes, sendo que a proteína microbiana é tida como a principal fonte de proteína metabolizável para ruminantes, e para maximizá-la é necessário que a dieta seja balanceada para atender aos níveis mínimos de requerimentos de PDR, seguido da PNDR, como segunda fonte de proteína metabolizável para ruminantes, e a proteína endógena a terceira fonte (Santos & Mendonça, 2011).

Destarte, o requerimento proteico dos ruminantes, para sua manutenção e produção, é suprido pela proteína metabolizável, que é o somatório dos aminoácidos absorvidos no intestino delgado, provenientes da digestão microbiana e dos alimentos que escapam da fermentação ruminal (Chalupa, 1980). Salah et al. (2015) sugeriram que um maior consumo de matéria seca melhora a digestão ruminal da matéria orgânica, assim, melhora de forma geral o status de N dos próprios animais como também da microbiota ruminal.

Berchielli (2010) relata que ruminantes precisam de no mínimo 7% de PB para manter o sinergismo no rúmen para sobrevivência animal. Assim, o consumo de alimentos (quantidade e/ou qualidade) tem que atender a demanda de nutrientes à microbiota ruminal para manutenção e produção animal (Oliveira et al., 2008). Portanto, quanto maior a produção microbiana menor será a quantidade de fontes proteicas não degradáveis no rúmen necessárias para atender o requerimento proteico do animal (Oliveira, 2005).

De acordo com o AFRC (1993), a máxima síntese microbiana ocorre quando há elevado e adequado ajuste da energia fermentescível, obtida com a fermentação de carboidratos (amido, celulose etc.) no rúmen e com o nitrogênio na forma de amônia, resultante tanto da fermentação da proteína alimentar verdadeira como do nitrogênio não-proteico, na forma de ureia.

Todavia, quando há excesso de fermentação de carboidratos, desequilibrando essa relação, ocorre acúmulo de energia fermentescível, que é perdida, principalmente, na

forma de metano, pela eructação. Da mesma maneira, se a hidrólise das proteínas alimentares, que liberam peptídeos, aminoácidos e amônia, ultrapassar a capacidade de assimilação de nitrogênio pelos microrganismos, ocorre acúmulo de amônia no líquido ruminal. Essa amônia em excesso será absorvida pelo epitélio ruminal, metabolizada no fígado e convertida em ureia, podendo ser reciclada pela saliva ou excretada pela urina.

A utilização deste ionóforo, além de diminuir as perdas de nitrogênio no rúmen, também, eleva a quantidade de aminoácidos de origem alimentar que chegam ao intestino delgado, aumentando, assim, o aporte de aminoácidos que serão utilizados para atender o requerimento proteico do animal (Russell & Strobel, 1989).

Alimentos ricos em proteína junto com uma degradação ruminal intensa levam ao excesso de amônia acumulação no rúmen. Devido a um desequilíbrio entre as proteínas e os níveis de energia, a eficiência de utilização de N pode ser comprometida e a síntese de proteína microbiana inibida (Bruinenberg et al., 2002). Além disso, os custos metabólicos para desintoxicar o excesso de amônia produzido no fígado requer energia (Lobley et al., 1995), que não são mais disponíveis para o crescimento animal e, em última análise, afetam eficiência de produção (Seoni et al., 2018).

Sousa (2019) relatou uma redução da demanda proteica oriunda da dieta ao adicionar APA na dieta para caprinos. Assim, ao reduzir a demanda dietética com o uso do APA, há um excedente de N observado na forma de ureia plasmática e/ou urinária, sendo a ureia a forma predominante de N na urina, e a sua maior reabsorção pelos rins se dá quando os ruminantes recebem uma dieta com baixa concentração de N.

Os aditivos têm sido bem sucedidos no aumento da eficiência da utilização de proteínas e energia (Van Soest & Demeyer, 1988; Odongo et al., 2007; Silva et al., 2007b). Pereira et al. (2015) relataram que maior consumo de matéria seca proporcionou um aumento da síntese de proteína microbiana em cordeiros em crescimento.

Nesse contexto, o uso de aditivo fitogênico alimentar torna-se uma realidade na busca por resultados satisfatórios na pecuária, proporcionando redução da demanda proteica oriunda da dieta.

1.4. Proteína na dieta e desempenho de ovinos

Alimentos ricos em proteínas junto com uma degradação ruminal intensa levam ao excesso de amônia acumulada no rúmen. Devido a um desequilíbrio entre os níveis de proteínas e de energia, a eficiência de utilização de N pode ser comprometida e a síntese de proteína microbiana inibida (Bruinenberg et al., 2002).

Brito et al. (2020), ao comparar dietas com diferentes níveis de PB (13 e 16%) com monensina e APA; e 16% de PB sem aditivo, não observou diferenças entre as dietas com 13 e 16% de PB (APA) sobre o peso corporal final de ovinos. Em contrapartida, ovinos alimentados com monensina a 13% de PB obtiveram um menor peso corporal final do que os animais alimentados como monensina e sem aditivo a 16% de PB. O mesmo comportamento foi observado para ganho de peso total e ganho médio diário.

O APA provavelmente pode alterar as relações sintróficas dos microrganismos ruminais de uma maneira diferente do que monensina, uma vez que as bactérias gram-positivas do rúmen são inibidas por ambos os agentes antimicrobianos (Pereira et al. 2017). Esta afirmação pode ser confirmada pela maior eficiência da síntese microbiana em ovinos alimentados com APA quando comparado com os animais alimentados com monensina para ambos os níveis de PB (Brito et al., 2020).

Seoni et al. (2018) observaram um maior peso ao abate e maior ganho médio diário em ovinos alimentados com níveis de 20% PB quando comparado com os alimentados com 15% de PB. Esse resultado é consistente com diversos estudos, o que indica que o teor de PB da dieta tem um importante efeito sobre consumo de MS e o GMD em ovinos.

1.5. Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. 1993. Energy and requirements of ruminants. Wallingford, CAB INTERNATIONAL. p.159.
- AOAC, 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists Washington, D. USA.
- BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V, OLIVEIRA, S. G. 2010. Nutrição de ruminantes. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p.616.
- BRUINENBERG, M., ZOM, R., VALK, H., 2002. Energy evaluation of fresh grass in the diets of lactating dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 50, 67–81.
- CIEŚLAK, A., SZUMACHER-STRABEL, M., STOCHMAL, A., AND OLESZEK, W. 2013. Plant components with specific activities against rumen methanogens. *Animal*. 7(s2), 253-265. <https://doi:10.1017/S1751731113000852>
- CHALUPA, W. Methods for estimating protein requirements and feed protein values for ruminants. *Feedstuffs*, p.18–20, 1980.
- CHOUDHARY, M.I., NAWAZ, S.A., ZAHEER-UL-HAQ, AZIM, M.K., LANA, R. P., FOX, D. G. 2001. Interações entre monensina sódica, óleo de soja e fontes de nitrogênio no desempenho de novilhos aberdeen angus em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.1, p.247-253.
- COBELLIS, G., YU, Z., FORTE, C., ACUTI, G., TRABALZA-MARINUCCI, M. 2016. Dietary supplementation of *Rosmarinus officinalis* L. leaves in sheep affects the abundance of rumen methanogens and other microbial populations. *Journal of Animal Science and biotechnology*. p.7-27. doi: 10.1186/s40104-016-0086-8
- JOUANY JP, MORGAVI DP. 2007. Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*. Nov;1(10). p.1443-66. <http://doi:10.1017/S1751731107000742>.
- LANA, R.P.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. et al. Influence of monensin on Holstein steers fed high-concentrate diets containing soybean meal or urea. *Journal of Animal Science*, v.75, p.2571–2579, 1997.
- LOBLEY, G., CONNELL, A., LOMAX, M.A., BROWN, D.S., MILNE, E., CALDER, A.G., FARNINGHAM, D., 1995. Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver: possible consequences for amino acid catabolism. *Br. J. Nutr.* 73, 667–685.
- MANERO A, VILANOVA X, CERDÀ-CUÉLLAR M, BLANCH AR. 2006. Vancomycin- and erythromycin-resistant enterococci in a pig farm and its environment. *Environmental microbiology*. Vol.8(4), p.667-74 DOI: 10.1111/j.1462-2920.2005.00945.x

OLIVEIRA, M. V. M., LANA, R. P., JHAM, G. N., PEREIRA, J. C., PÉREZ, J. R. O., VALADARES FILHO, S. C. Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2005.

OTT-LONGONI, R., VISWANATHAN, N., HESSE, M. 1980. A estrutura do alcaloide juliprosopine da *Prosopis juliflora* A. DC. *Helv Chem Acta* 63(7):2119–2129.

PEREIRA, T. C. J., PEREIRA, M. L. A. MOREIRA, J. V., AZEVEDO, J. A. G. BATISTA, R. PAULA, V. F. OLIVEIRA, B. S. SANTOS, E. J. S. 2016. Efeito do alcaloide da vagem de mesquita sobre os produtos da fermentação *in vitro*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* [http: DOI 10.1007/s11356-016-7761-3](http://doi.org/10.1007/s11356-016-7761-3)

RANGA NIROSHAN APPUHAMY, J. A. D., A. B. STRATHE, S. JAYASUNDARA, C. WAGNER-RIDDLE, J. DIJKSTRA, J. FRANCE, AND E. KEBREAB. 2013. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96, p.5161–5173. doi:10.3168/jds.2012-5923

ROGERS, J. A., DAVIS, C. L. Rumen Volatile Fatty Acid Production and Nutrient Utilization in Steers Fed a Diet Supplemented with Sodium Bicarbonate and Monensin. *Journal of Dairy Science*. 1982.

SALAH, N., SAUVANT, D., ARCHIMÈDE, H., 2015. Response of growing ruminants to diet in warm climates: a meta-analysis. *Animal* 9, 822–830.

SANTOS E. T., PEREIRA, M. L. A., SILVA, C. F. P. G., SOUZA-NETA, L. C., GERIS, R., SILVA H. G. O., FREITAS, G. C., FIGUEIREDO, M. P., OLIVEIRA, F. F., BATISTA, R. 2013. Atividade antimicrobiana do extrato alcaloídico enriquecido com extrato de vagem de *Prosopis juliflora* e sua influência na digestão ruminal *in vitro*. *International Journal of Molecular Science* 14, p.8496–851.

SEONI, E., BATTACONE, G. SILACCI, P., KRAGTEN S. A., CHELALI, J. M., DOHME-MEJER, F, BEE, G. Effect of condensed tannins from Birdsfoot trefoil and dietary protein level on growth performance, carcass composition and meat quality of ram lambs. *Small ruminant research*. 2018.

SORIO, A.; BRAGA, F.; LIMA, F.; MAIA, G.; RASI, L.; ONDER, L.O.D. 2012. Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção. *Passo Fundo: Méritos*, 300 p., 2012.

STEVANOVIĆ, Z., BOŠNJAK-NEUMÜLLER, J., PAJIĆ-LIJAKOVIĆ, I., RAJ, J., AND VASILJEVIĆ, M. 2018. Essential oils as feed additives—Future perspectives. *Molecules*. 23, 1717. [https://doi:10.3390/molecules23071717](https://doi.org/10.3390/molecules23071717)

ZENG, Z., ZHANG, S., WANG, H., AND PIAO, X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 7. [https://doi:10.1186/s40104-015-0004-5](https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5)

YANG, C.M.J.; RUSSELL, J.B. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the numbers of amino acid-fermenting bacteria. *Journal of Animal Science*, v.71, n.12, p.3470-3476, 1993.

II – OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

1. Avaliar o efeito de extrato enriquecido de alcaloides piperidínicos de algaroba (APA) em dietas contendo níveis decrescentes de proteína bruta (PB) comparados com dieta controle sem APA contendo nível de PB predito para ovinos Dorper x Santa Inês em terminação.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, excreção urinária de ureia, síntese microbiana, concentração de ureia no plasma e desempenho produtivo;

2. Avaliar as medidas morfométricas corporais, características de carcaça, peso de órgãos internos.

III – MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima vegetal

As vagens de algarobeiras (*Prosopis juliflora Sw. D.C.*) foram obtidas no município de Manoel Vitorino/BA, em agosto de 2018. As vagens foram secas ao sol durante 5 dias. Em seguida, as vagens foram moídas, obtendo, assim, a farinha integral de algaroba para posterior obtenção do extrato enriquecido com alcaloide piperidínico da algaroba.

3.2. Obtenção do extrato alcaloídico da algaroba

A farinha integral de vagens de algaroba foi macerada com álcool 95%, durante um período de 72 h. Em seguida, essa solução foi percolada e armazenada num recipiente fechado. Após o processo de percolação, a solução extraída foi concentrada a vácuo (-600 mmHg), a uma temperatura controlada de 40°C, em evaporador rotatório, obtendo-se, desse modo, o extrato etanólico bruto (EEB). O EEB foi submetido à partição com a utilização de soluções acidobásicas e solventes orgânicos, de modo a obter extratos enriquecidos com alcaloides, de acordo com a metodologia de Ott-Longoni et al. (1980), para isolar alcaloides piperidínicos de farinha integral de algaroba (Santos et al., 2013; INPI, 2014). Uma fração do ECB foi diluído de acordo com o procedimento descrito por Wagner (1994), verificando-se a ocorrência de cores castanha a vermelho-alaranjado após a aplicação do reagente Dragendorff, evidenciando, assim, a presença de alcaloides.

3.3. Local e animais

O experimento de campo foi conduzido no setor de Ovinocultura - Ensaios Nutricionais com Ovinos e Caprinos (ENOC) do Campus Juvino Oliveira da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), na cidade de Itapetinga, BA.

Foram utilizados 40 ovinos (20 fêmeas e 20 machos) mestiços Dorper x Santa Inês, não castrados, com idade de 120 dias e peso corporal médio inicial de 20 ± 2 kg. No início da fase pré-experimental, os animais foram pesados, identificados e tratados com vermífugo, e adaptados gradualmente à ração volumoso:concentrado (40:60) e ao manejo.

Os animais foram mantidos em baias de 1,5 m x 1,0 m, providas de cocho e bebedouro individuais. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (20 fêmeas e 20 machos). O período experimental foi de 85 dias, sendo o desempenho avaliado entre 37° a 85° do período experimental.

3.4. Dietas experimentais

A composição química e proporção dos ingredientes das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 1. As dietas foram isoenergéticas com 3,0 Mcal/kg de matéria seca de energia metabolizável. No experimento foram avaliadas seis dietas:

Níveis de PB com APA (Extrato enriquecido de alcaloides piperidínicos de algaroba)

Dieta 1: 11% PB com APA (17 mg.kg⁻¹ de matéria seca da dieta);

Dieta 2: 12,66% PB com APA (17 mg.kg⁻¹ de matéria seca da dieta);

Dieta 3: 14,32% PB com APA (17 mg.kg⁻¹ de matéria seca da dieta);

Dieta 4: 15,99% PB com APA (17 mg.kg⁻¹ de matéria seca da dieta);

Nível predito de PB pelo NRC (2007) sem APA (Controle) para ganho diário de peso de 200 g/dia.

Dieta 5: 15,99% sem APA;

Tabela 1. Proporção de ingredientes (g/kg, base da MS)

Ingredientes	Feno de Tifton 85	Milho grão	Farelo de soja	Sal mineral ¹
D1: 11,00% PB	400,00	419,60	135,20	45,20
D2: 12,66% PB	400,00	381,40	174,40	45,20
D3: 14,32% PB	400,00	337,00	217,80	45,20
D4: 15,99% PB	400,00	295,50	259,30	45,20
D5: 15,99% PB	400,00	295,50	259,30	45,20

¹Cálcio - 120,00 g; Fósforo - 87,00 g; Sódio - 147,00 g; Enxofre - 18,00 g; Cobre - 590,00 mg; Cobalto - 40,00 mg; Cromo - 20,00 mg; Ferro - 1.800,00 mg; Iodo - 80,00 mg; Manganês - 1.300,00 mg; Selênio - 15,00 mg; Zinco - 3.800,00 mg; Molibdênio - 300,00 mg; Flúor (máx.) - 870,00 mg; Solubilidade do Fósforo (P) em Ácido Cítrico a 2% (min.) - 95,00 %.

Tabela 2. Composição química dos concentrados experimental (g/kg, base da MS)

Dietas	MS ¹	MO ²	PB ³	EE ⁴	CNF ⁵	FDNcp ⁶
D1:Concentrado	906,30	890,10	158,94	68,60	520,00	142,60
D2:Concentrado	907,90	899,30	181,92	62,30	503,20	151,90
D3:Concentrado	909,20	897,20	209,98	61,50	456,80	168,90
D4:Concentrado	910,50	891,50	235,71	64,00	420,80	171,00
D5:Concentrado	910,50	891,50	235,71	64,00	420,80	171,00
Volumoso	919,50	922,70	42,10	63,60	47,70	769,30

¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Carboidratos não fibrosos; ⁶Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína.

3.5. Análises químicas

Foram colhidas amostras do fornecido, tanto do volumoso quanto dos concentrados, bem como, das sobras e fezes, os quais foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer -20°C. Após o descongelamento, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C. Em seguida, trituradas em moinhos de facas com peneira de 1 mm, e foram feitas amostras compostas por animal e subperíodo, e identificadas para posteriores análises laboratoriais.

As análises químicas dos alimentos, sobras e fezes foram realizadas no laboratório de Forragicultura e Pastagens da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Juvino Oliveira, Itapetinga, Bahia. Nas amostras foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) (AOAC, 2010).

Para as análises de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigidas para cinza residuais (Mertens, 2002). A correção da FDN para os compostos nitrogenados e estimação dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis no detergente neutro (NIDN) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). Os CNF corrigidos (CNFcp) foram calculados por meio da equação (Weiss, 1999), utilizando o FDNcp (Detmann et al., 2010), sendo:

$$\text{CNFcp} = (100 - \% \text{FDNcp} - \% \text{PB} - \% \text{EE} - \% \text{cinza})$$

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Weiss (1999), mas utilizando a FDN e CNF corrigido para cinza e proteína, pela seguinte equação:

$$\text{NDT} = \text{PBD} + \text{FDNcpD} + \text{CNFcpD} + 2,25\text{EED}$$

Em que: PBD = Proteína bruta digestível; FDNcpD = Fibra em detergente neutro corrigidos para cinza e proteínas digestível; CNFcpD = Carboidratos não fibrosos corrigidos para cinza e proteínas digestíveis; e EED = Extrato etéreo digestível.

Os valores de NDT foram convertidos em energia digestível (ED), utilizando-se as equações sugeridas pelo NRC (2001): $\text{ED (Mcal/kg)} = 0,04409 \times \text{NDT}$. A transformação de ED para energia metabolizável (EM) foi feita segundo a equação: $\text{EM (Mcal/kg)} = 1,01 \times \text{ED (Mcal/kg)} - 0,45$.

3.6. Consumo e digestibilidade dos nutrientes

O consumo individual dos animais foi avaliado ao longo de todo o período experimental, subtraindo-se as sobras da quantidade de dieta ofertada para cada animal. As determinações dos consumos de MS, MO, PB, FDNcp, CNFcp, EE e NDT foram obtidas com os dados e amostras coletadas durante os subperíodos.

As fezes foram colhidas às 06:00 durante 3 dias em cada subperíodo experimental, por meio de bolsas coletoras. Após coletadas as fezes de cada animal, foram pesadas, e alíquotas de aproximadamente 10% do total excretado foram colocados em sacos plásticos e armazenados em freezer a -20°C , para posteriores análises.

As amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60°C , por 72 horas, e, posteriormente, trituradas em moinhos de faca, tipo Willey, com peneira de 1 mm e, em seguida, foram feitas amostras compostas dos três dias de coleta para realização da composição química, conforme metodologias mencionadas anteriormente. Foram obtidos os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EE, FDNcp, CNFcp e calculado o NDT.

Para o cálculo da digestibilidade, foram colhidas amostras dos alimentos fornecidos, bem como, das sobras e fezes no mesmo período. Segundo proposto por Berchielli et al. (2011), uma vez determinado o conteúdo de matéria seca fecal excretada, foram calculados os coeficientes de digestibilidade (CD) dos demais

nutrientes por meio da razão do que foi consumido de cada nutriente e sua respectiva excreção fecal, sendo o valor multiplicado por 100, como demonstrado abaixo:

$$CD = \frac{(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) \times 100}{(\text{nutriente ingerido})}$$

3.7. Balanço de nitrogênio

Foram coletadas alíquotas de 50 ml da urina spot 4h após alimentação. O volume urinário foi estimado a partir da concentração urinária de creatinina. O teor de nitrogênio total foi obtido pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995). O balanço de nitrogênio (N-retido, g/dia) foi calculado com:

$$\text{N-retido} = \text{N ingerido (g)} - \text{N nas fezes (g)} - \text{N na urina (g)}$$

3.8. Ureia (urina e plasma)

Foram coletadas alíquotas de 50 ml da urina spot e sangue 4h após alimentação. Após a coleta de sangue, o mesmo foi centrifugado para a obtenção do plasma. A determinação da concentração do nitrogênio urico (N-Ureico) foi através do Kit comercial (Bioclin®).

3.9. Síntese microbiana

Foram coletas amostras de urina *spot* 4h após o fornecimento do alimento da manhã para estimar o nitrogênio microbiano. Para se estimar o nitrogênio microbiano foram colhidas alíquotas de 10 ml das amostras colhidas, foram diluídas em 40 ml de H₂SO₄ a 0,018 M. Estas amostras foram mantidas com pH abaixo de três para evitar a destruição bacteriana dos metabólitos presentes na urina e, logo após, foram armazenadas a -20°C, as quais foram destinadas à quantificação das concentrações urinárias de alantoína, ácido úrico e xantina-hipoxantina, conforme especificações de Chen & Gomes (1992).

3.10. Desempenho, medidas corporais, de carcaça e de órgãos internos

Transcorridos os 85 dias do experimento de desempenho, os animais foram abatidos na Unidade Experimental de Caprinos e Ovinos (UECO) na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. O abate foi realizado de acordo com as normas vigentes do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal –

RISPOA, 1997. No dia anterior ao abate, foram realizadas avaliações: comprimento corporal, perímetro torácico, largura do peito, largura da garupa, altura da garupa, altura da cernelha, altura do costado, e compacidade corporal (PC/comprimento corporal) (Osório et al., 1998) e realizada uma pesagem para determinação do peso pré-abate (PPA), então, os cordeiros foram submetidos a jejum alimentar de 16 horas, e pesados, obtendo-se o peso ao abate (PA) para determinação do desempenho dos cordeiros.

Os cordeiros foram pesados antes do jejum de alimento sólido de 16 horas para a obtenção do peso corporal final ou peso pré-abate (PPA). O cálculo do ganho médio diário (GMD) foi obtido pela fórmula:

$$\text{GMD} = (\text{Peso corporal final em jejum} - \text{Peso corporal inicial em jejum}) / \text{dias em confinamento}.$$

O peso ao abate (PA) foi utilizado para a determinação do percentual de perda de peso pelo jejum (PJ), calculada pela fórmula: $\text{PJ} \% = (\text{PPA} - \text{PA}) \times 100 / \text{PPA}$. Após o abate, sangria, esfolagem, evisceração e retirada da cabeça e patas, obteve-se o peso das carcaças quentes (PCQ), calculando-se o rendimento de carcaça quente (RCQ) por meio da fórmula ($\text{RCQ} = \text{PCQ} / \text{PPA} \times 100$).

Na sequência, as carcaças foram lavadas e conduzidas à câmara fria, permanecendo por 24 horas a uma temperatura média de 4°C. Posteriormente, as carcaças foram presas pela articulação tarso metatarsiana em ganchos próprios.

Após esse período, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF), e calculado o rendimento de carcaça fria (RCF) ou comercial pela fórmula ($\text{RCF} = \text{PCF} / \text{PPA} \times 100$).

Os rins e a gordura cavitária renal e seus pesos foram subtraídos dos pesos da carcaça quente e fria para determinação dos rendimentos de carcaça quente e fria. A temperatura foi verificada com o auxílio de um termômetro digital, introduzindo-se a haste metálica na profundidade de 5 cm da massa, 24h após a sangria. Na carcaça fria, realizaram-se as seguintes avaliações: comprimento interno carcaça (cm), profundidade do tórax (cm), gordura subcutânea (cm) (Osório et al., 1998).

A espessura de gordura subcutânea (EGS), que é a espessura máxima de gordura de cobertura sobre a superfície da 13ª costela, a 11 cm da linha dorso lombar, foi medida com auxílio de um paquímetro digital. A gordura perirenal e cavitária, fígado, rins, estômago cheio e vazio foram pesados após o abate.

3.11. Análise estatística

A análise dos dados foi realizada pelo procedimento GLM do programa computacional estatístico SAS Studio (SAS Studio, 2020). A comparação entre as dietas com e sem APA foi realizada por teste de Dunnett. Na análise das médias das variáveis dependentes em função dos níveis de PB (11; 12,66; 14,32 e 15,99%) associados ao APA utilizaram-se contrastes polinomiais (L e Q). Adotou-se como nível de significância 5% de probabilidade. Para as variáveis dependentes cujos contrastes polinomiais foram significativos, foi realizada a análise de regressão dos efeitos de ordem linear (L) e quadrático (Q), em função dos níveis de PB. O modelo matemático utilizado na análise de regressão foi:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \varepsilon_i; \quad i = 1, \dots, n$$

ONDE: Y_i = observação i da variável dependente y ; x_i = observação i variável da independente x ; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = regressão e ε_i = erro aleatório.

IV – RESULTADOS

4.1. Desempenho produtivo e metabolismo de nitrogênio

Os níveis decrescentes de PB associados ao APA ajustaram função quadrática em função do ($P < 0,05$) consumo de MO, MS, EE e FDNcp (g/dia), apresentando pontos máximos em 13,34; 13,38; 14,15; e 14,38 % PB, respectivamente. Enquanto foi observado aumento linear ($P < 0,05$) para o consumo de PB e redução linear para consumo de CNF (g/dia). Para cada unidade de aumento de teor de PB na dieta observou um acréscimo de 10,408 g/dia de consumo de PB e decréscimo de 18,255 g/dia no consumo de CNF (Tabela 3). Ao comparar a dieta controle (15,99% de PB sem APA) com as demais dietas, foi observado maior consumo dos nutrientes (g/dia) para a primeira, exceto quando comparada com a dieta com 14,32% de PB, apresentando similaridade para o consumo de MO e MS (g/dia).

Tabela 3. Consumo de nutrientes de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	Níveis de PB com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Consumo (g/dia)								
MO	921,2	837,70*	857,20*	897,39	808,33*	5,33	0,3235	<0,0001 ¹
MS	955,55	870,44*	884,62*	929,08	844,65*	5,41	0,5138	<0,0001 ²
PB	180,59	114,29*	131,49*	159,28*	162,74*	0,98	<0,0001 ³	<0,0001
EE	50,15	41,62*	43,59*	46,72*	43,81*	0,31	0,0002	<0,0001 ⁴
FDNcp	386,75	324,39*	335,18*	358,42*	342,85*	2,52	0,0003	0,0048 ⁵
CNF	303,25	357,01*	341,71*	332,86*	258,84*	2,26	<0,0001 ⁶	<0,0001
Consumo (g/ kg PC)								
MO	34,58	32,03*	32,84*	33,37	32,19*	0,18	0,5516	0,0102 ⁷
MS	35,87	32,29*	33,89*	34,55	33,64*	0,18	0,3272	0,0484 ⁸
PB	6,78	4,37*	5,04*	5,92*	6,48*	0,04	<0,0001 ⁹	0,3406
EE	1,88	1,59*	1,70*	1,74*	1,74*	0,01	<0,0001 ¹⁰	0,0896
FDNcp	14,52	12,40*	12,84*	13,33*	13,65*	0,09	<0,0001 ¹¹	0,6292
CNF	11,38	13,65*	13,09*	12,38*	10,31*	0,07	<0,0001 ¹²	<0,0001
Peso corporal médio (kg)								
PCM	26,64	26,15	26,10	26,89	25,11	0,86	0,8084	0,6970
Consumo Energia Metabolizável								
Mcal/dia	3,22	3,36	3,43	3,28	3,79	0,10	0,3201	0,3876

S/APA= sem alcaloide piperidino de algaroba; ² APA = Alcaloide piperidino de algaroba (g/kg MS)

$$^1\hat{Y} = -9,8143x^2 + 261,99x - 864,16 / R^2 = 0,73$$

$$^2\hat{Y} = -8,9172x^2 + 238,68x - 684,03 / R^2 = 0,66$$

$$^3\hat{Y} = 10,408x + 1,5263 / R^2 = 0,93$$

$$^4\hat{Y} = 0,4419x^2 + 12,508x - 42,866 / R^2 = 0,81$$

$$^5\hat{Y} = -2,3892x^2 + 69,207x - 150,36 / R^2 = 0,79$$

$$^6\hat{Y} = -18,255x + 568,91 / R^2 = 0,81$$

$$^7\hat{Y} = -0,1799x^2 + 4,916x - 0,3493 / R^2 = 0,91$$

$$^8\hat{Y} = -0,227x^2 + 6,409x - 10,781 / R^2 = 0,99$$

$$^9\hat{Y} = 0,4335x - 0,3967 / R^2 = 0,99$$

$$^{10}\hat{Y} = -0,2982x - 0,4842 / R^2 = 0,92$$

$$^{11}\hat{Y} = 0,2549x + 9,6153 / R^2 = 0,99$$

$$^{12}\hat{Y} = -0,227x^2 + 6,409x - 10,781 / R^2 = 0,99$$

^{1,2,3} = efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); P<0,05;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); P<0,05;

Foi observado efeito ($P < 0,05$) para as variáveis do consumo dos nutrientes quando corrigidos pelo peso corporal dos animais. Para o consumo (g/kg PC) de MO, MS e EE variaram quadraticamente, apresentando pontos de máximo em 13,66; 14,12 e 14,91 %PB, respectivamente. Foi observado efeito linear crescente para o consumo (g/kg PC) de PB e FDNcp. Enquanto o consumo de CNF reduziu linearmente para cada aumento do teor de PB na dieta, observando uma redução de 0,645 g/kg PC.

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) da adição de APA e nem dos níveis de PB para o consumo de energia metabolizável.

Não houve diferença ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade da MO, MS, EE, FDNcp e CNF (Tabela 4). Em contrapartida, o contraste polinomial mostrou componente linear crescente para os níveis de PB da dieta sobre a digestibilidade da PB das dietas. Para cada unidade de aumento do teor de PB na dieta observou um acréscimo de 1,71 (g/100g) de proteína digestível.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) para os coeficientes de digestibilidade dos componentes nutricionais quando comparados à dieta controle, exceto para digestibilidade de PB. A dieta com 11%PB (APA) apresentou uma redução de 10,32% de digestibilidade de PB quando comparada à dieta controle. Os NDT das dietas foram semelhantes (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	Níveis de PB com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Coefficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes (g/100g)								
DMO	82,61	80,09	82,37	79,64	82,92	0,90	0,4908	0,7948
DMS	79,67	76,61	78,76	75,86	79,64	0,06	0,5213	0,7147
DPB	83,31	74,71*	79,69	79,08	84,38	0,99	0,0013 ¹	0,9596
DEE	65,85	54,30	61,76	61,01	66,05	1,95	0,0691	0,7812
DFDNcp	82,84	76,86	80,79	77,71	82,93	0,91	0,1599	0,7844
DCNF	83,84	87,02	86,89	85,07	94,38	0,79	0,3373	0,3504
Nutrientes digestíveis totais (g/100g)								
NDT	78,78	75,13	78,28	75,97	81,99	1,01	0,0886	0,5677

¹S/APA= sem alcaloide piperidino de algaroba; ²APA = Alcaloide piperidino de algaroba (g/kg MS).

$$^1\hat{Y} = 1,7082x + 56,417 / R^2 = 0,86$$

^{1,2,3}. = efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P < 0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P < 0,05$;

Houve efeito ($P < 0,05$) linear crescente para o nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio digerido (ND), nitrogênio retido (NR), bem como também, para frações do nitrogênio digerido e retido em relação ao ingerido (ND (%NI); e NR(%NI)). Para cada unidade de aumento do teor de PB na dieta foi observado um acréscimo de 1,44, 1,51 e 1,30 (g/dia) de NI, ND e NR, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Balanço de nitrogênio de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	Níveis de PB com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Balanço de nitrogênio (g/dia)								
NI	29,65	19,54*	22,35*	25,28	26,57	0,76	0,0003 ¹	0,4371
NF	4,60	4,76	4,66	5,16	4,12	0,22	0,5279	0,3546
NU	7,62	6,24	5,71	5,98	7,28	0,39	0,3836	0,3016
ND	25,05	14,79*	18,69*	20,11	22,67	0,74	0,0006 ²	0,1862
NR	17,43	8,55*	12,99	14,14	15,39	0,69	0,0002 ³	0,2173
Nitrogênio digerido e retido em relação ao ingerido								
ND (%NI)	83,52	75,12*	80,21	79,08	84,08	0,95	0,0031 ⁴	0,8964
NR (%NI)	57,23	44,31	56,36	55,55	56,01	1,72	0,0472 ⁵	0,1403

¹S/APA= sem alcaloide piperidino de algaroba; ² APA = Alcaloide piperidino de algaroba (g/kg MS)

¹ $\hat{Y} = 1,3838x + 5,0137 / R^2 = 0,94$

² $\hat{Y} = 1,5068x - 1,2655 / R^2 = 0,97$

³ $\hat{Y} = 1,3026x - 4,808 / R^2 = 0,88$

⁴ $\hat{Y} = 1,5519x + 58,687 / R^2 = 0,86$

⁵ $\hat{Y} = 1,957x + 26,509 / R^2 = 0,62$

^{1,2,3}= efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P < 0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P < 0,05$;

Foi observada uma redução ($P < 0,05$) da fração do ND e NR nas dietas com 11 e 12,66% PB (APA) quando comparadas com a dieta controle. No entanto, as dietas com 14,32 e 15,99% PB (APA) não diferiram da dieta controle. Ao corrigir as frações de nitrogênio digerido e retido pela fração ingerida, foi observado apenas efeito para a dieta com 11% PB (APA) ao comparar com a dieta controle. Logo, em relação a essas frações citadas anteriormente, as dietas com 12,66; 14,32 e 15,99% PB (APA) foram similares à dieta controle (15,99%) ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Não houve efeito sobre o volume urinário (L/dia) em relação aos níveis crescentes de PB na dieta ($P > 0,05$). Em contrapartida, foi observado um efeito linear crescente para as excreções de ureia (mg/kg PC; e mmol/kg PC^{0,75}) e N-ureico (mg/kg PC) (Tabela 6).

Ao comparar a dieta controle com as demais dietas, houve diferença ($P < 0,05$) apenas para a dieta com 11% PB (APA), observando uma redução de 41% de excreção urinária de ureia ($\text{mmol/kgPC}^{0,75}$) pelos animais alimentados com 11% PB (APA) em relação a dieta controle (Tabela 6).

Tabela 6. Excreções diárias de ureia e nitrogênio ureico de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	Níveis de proteína com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Volume urinário								
L/dia	2,03	1,48*	1,49*	1,41*	1,85		0,0510	0,1139
Excreções na urina (mg/kg PC)								
Ureia	839,53	493,45*	724,89	647,06	858,34		0,0001 ¹	0,8558
N-ureico	391,22	229,95*	337,80	301,53	399,99		0,0001 ²	0,8558
Excreções ($\text{mmol/Kg PC}^{0,75}$)								
Ureia	31,72	18,60*	27,00	24,27	31,97		0,0002 ³	0,8640

¹S/APA= sem alcaloide piperidino de algaroba; ² APA = Alcaloide piperidino de algaroba (g/kg MS).

$$^1\hat{Y} = 61,163x - 144,3 / R^2 = 0,74$$

$$^2\hat{Y} = 28,502x - 67,246 / R^2 = 0,74$$

$$^3\hat{Y} = 2,2484x - 4,8764 / R^2 = 0,75$$

^{1,2,3} = efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P < 0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P < 0,05$;

Os níveis de PB na dieta e a adição ou não do APA não afetaram ($P > 0,05$) a síntese microbiana (Tabela 7).

Tabela 7. Síntese microbiana em ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	Níveis de PB com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Derivados de purina (mmol/dia)								
DPT	12,83	11,26	14,11	12,48	14,17	0,59	0,2632	0,6764
Purina microbiana (mmol/dia)								
Purinas absorvidas	14,82	12,87	16,44	14,42	15,78	0,72	0,3822	0,5188
Produção microbiana (g/dia)								
N microbiano	10,79	9,36	11,96	10,49	11,47	0,52	0,3822	0,5188
Eficiência microbiana								
g/PBM/kg NDT	88,06	82,36	104,67	94,04	99,13	4,95	0,4652	0,4844

¹S/APA= sem alcaloide piperidínico de algaroba; ² APA = Alcaloide piperidínico de algaroba (g/kg MS).

^{1,2,3} = efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P < 0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P < 0,05$;

Os níveis crescentes de PB associados ao APA afetaram ($P < 0,05$) a concentração plasmática de ureia. Para cada unidade de aumento do teor de PB na dieta foi observado um acréscimo de 2,96 (mg/dl), 0,17 (mg/dl/PC) e 0,39 (mg/dl/PC^{0,75}) de ureia plasmática (Tabela 8).

Tabela 8. Concentração plasmática de ureia em ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Item	S/APA ¹	Níveis de PB com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Ureia								
mg/dl	45,73	35,04*	39,25	44,64	49,68	1,34	0,0006 ¹	0,9737
mg/dl/PC	2,0	1,28*	1,42*	1,89	2,06	0,07	0,0001 ²	0,8444
mg/dl/PC ^{0,75}	4,35	2,92*	2,35*	4,14	4,54	0,15	<0,0001 ³	0,8587

¹S/APA= sem alcaloide piperidínico de algaroba; ²APA = Alcaloide piperidínico de algaroba (g/kg MS).

$$^1\hat{Y} = 2,961x + 2,1953 / R^2 = 0,92$$

$$^2\hat{Y} = 0,1687x - 0,614 / R^2 = 0,95$$

$$^3\hat{Y} = 0,3934x - 1,9018 / R^2 = 0,70$$

^{1,2,3.}= efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P < 0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P < 0,05$;

Foi observado efeito ($P < 0,05$) para concentração plasmática de ureia (mg/dl) para os animais alimentados com a dieta controle quando comparado com os animais alimentados com 11% PB (APA). Também foi observado efeito sobre a concentração da ureia plasmática (mg/dl/PC e mg/dl/PC^{0,75}) para animais alimentados com dieta controle quando comparados com animais alimentados com as dietas com 11 e 12,66 % PB (APA).

Não houve diferença ($P > 0,05$) para as variáveis do desempenho produtivo dos animais alimentados com as dietas experimentais (Tabela 9). Os animais alimentados com o menor nível (11%) de PB (APA) apresentaram ganho de peso corporal semelhantes daqueles alimentados com o maior nível (15,99) de PB (com e sem APA).

Tabela 9. Desempenho de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Peso corporal início experimento (kg)								
PC	20,70	20,68	20,58	21,44	20,18	0,82		
Desempenho -Terminação (kg)								
Pci	24,63	24,50	24,19	25,58	22,21	0,93		
PCf	32,59	31,61	31,61	32,34	30,04	0,95	0,6935	0,6380
GPT	7,96	7,12	7,42	6,76	7,83	0,29	0,4669	0,3057
GMD	0,166	0,148	0,155	0,141	0,163	0,01	0,4669	0,3057
Conversão alimentar								
CA	5,84	6,64	6,02	6,53	5,74	0,37	0,5295	0,8043

¹S/APA= sem alcaloide piperídínico de algaroba; ² APA = Alcaloide piperídínico de algaroba (g/kg MS).

^{1,2,3}= efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); P<0,05;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); P<0,05;

4.2. Medidas morfométricas, características de carcaça e peso de órgãos internos

Os níveis crescentes de PB associados ao APA não afetaram ($P>0,05$) as circunferências do torax e da garupa (cm), como também, largura do peito e da garupa (cm) (Tabela 10). As alturas da cernelha e da garupa (cm) também não foram afetadas pelos níveis crescentes de PB associados ao APA ($P>0,05$).

Tabela 10. Medidas morfométricas de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	Níveis de PB com APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Circunferência torácica inicial e final e sua variação (cm)								
CTI	65,61	63,98	63,88	65,79	65,00	0,97	0,6113	0,8839
CTF	76,29	75,50	75,38	76,71	74,89	0,88	0,9878	0,6821
VCT	10,67	11,53	11,50	10,93	9,89	0,72	0,4856	0,7835
Circunferência da garupa inicial e final e sua variação (cm)								
CGI	66,87	66,18	70,19	66,70	68,72	1,03	0,6797	0,6850
CGF	77,71	80,00	80,38	77,86	77,33	0,74	0,1597	0,7940
VCG	10,84	13,83	10,19	11,16	8,61	0,79	0,0665	0,7593
Largura do peito inicial e final e sua variação (cm)								
LPI	17,83	16,31	16,10	16,61	16,37	0,25	0,7981	0,9773
LPF	22,71	21,88	21,38	21,71	21,00	0,41	0,4306	0,9134
VLP	4,89	5,56	5,28	5,10	4,63	0,35	0,2439	0,9137
Largura da garupa inicial e final e sua variação (cm)								
LGI	18,71	18,83	19,31	18,46	19,10	0,31	0,9454	0,9231
LGF	23,14	22,38	22,88	22,14	22,44	0,35	0,8447	0,8947
VLG	4,29	3,55	3,56	3,69	3,34	0,33	0,7810	0,8100
Altura cernelha inicial e final e sua variação (cm)								
ACI	49,59	46,31	47,66	49,60	47,06	0,56	0,4509	0,1399
ACF	57,14	55,13	56,25	57,29	54,89	0,61	0,9806	0,2227
VAC	7,58	8,81	8,59	7,69	7,83	0,38	0,2053	0,7943
Altura garupa inicial e final e sua variação (cm)								
AGI	50,76	48,09	49,01	51,47	48,03	0,59	0,7031	0,1061
AGF	58,71	56,25	56,88	59,00	56,00	0,62	0,8762	0,2003
VAG	7,96	8,16	7,86	7,53	7,97	0,36	0,7411	0,6614

¹S/APA= sem alcaloide piperidino de algaroba; ² APA = Alcaloide piperidino de algaroba (g/kg MS).

^{1,2,3}.- efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P<0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P<0,05$;

Em relação as características da carcaça não foram observados efeitos ($P>0,05$) para peso pré-abate (kg) nem quanto aos níveis crescentes de PB como também quando comparados à dieta controle (Tabela 11).

Tabela 11. Características da carcaça de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Itens	S/APA ¹	APA ²				EPM	P-valor		
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q	
		Peso pré- bate (kg)							
PV	31,70	31,36	28,83	30,80	31,37	1,10	0,9156	0,6283	
		Peso carcaça quente e fria (kg)							
PC _q	15,33	14,68	13,41	14,86	15,40	0,56	0,5876	0,5464	
PC _f	14,78	14,18	12,87	14,35	14,92	0,55	0,5640	0,5142	
		Rendimento de carcaça quente e fria (%)							
RC _q	48,22	46,73	46,50	48,22	49,02	0,43	0,0524	0,5314	
RC _f	46,52	45,10	44,71	46,51	47,46	0,43	0,0385 ¹	0,4070	
		Temperatura carcaça e perada por resfriamento (kg)							
°C	5,67	6,00	5,83	5,00	6,17	0,16	0,6710	0,0795	
PR	0,54	0,50	0,54	0,51	0,48	0,03	0,7474	0,5940	
		Medidas carcaça (cm)							
GSC	1,84	2,10	2,02	2,55	3,81	0,43	0,2720	0,5499	
CIC	65,42	64,40	62,83	64,10	64,25	0,67	0,9361	0,6420	
PT	24,62	23,08	24,75	23,60	23,83	0,44	0,7915	0,5763	

¹S/APA= sem alcaloide piperidínico de algaroba; ²APA = Alcaloide piperidínico de algaroba (g/kg MS).

$$^1\hat{Y} = 0,5334x + 38,747 / R^2 = 0,81$$

^{1,2,3}= efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); P<0,05;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); P<0,05;

Os níveis crescentes de PB associados ao APA não afetaram (P>0,05) o peso da carcaça quente e fria (PC_q e PC_f; kg). O peso da carcaça quente e fria (kg) não diferiu entre os animais alimentados com a dieta controle em relação aos alimentados com as demais dietas (Tabela 11).

Porém, os níveis crescentes de PB associados ao APA apresentaram tendência (P=0,0524) para rendimento de carcaça quente (RC_q). O rendimento de carcaça fria foi afetado linearmente pelos níveis crescentes de PB associados ao APA. Para cada unidade de aumento do teor de PB na dieta foi observado um acréscimo de 0,53 % de rendimento de carcaça fria (RC_f) (Tabela 11). No entanto, os níveis crescentes de PB associados ao APA não afetaram (P>0,05) a temperatura da carcaça (°C) e nem a perda por resfriamento (PR) após 24 h.

Não houve efeito (P>0,05) para gordura subcutânea (GSC), comprimento interno da carcaça (CIC) e profundidade do torax (PT) para níveis crescentes de PB associados ao APA.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) para as características da carcaça quando comparado as carcaças de animais alimentados com a dieta controle e as carcaças dos animais alimentados com as demais dietas.

Os níveis crescentes de PB associados ao APA não afetaram ($P>0,05$) o peso do estômago e suas proporções, intestino, fígado e rins (kg). Também, não foi observado efeito sobre a gordura cavitária e perirrenal em relação aos níveis de PB associados ao APA (Tabela 12).

Tabela 12. Peso de órgãos internos de ovinos alimentados com diferentes níveis de PB associados ao APA ou nível máximo de PB sem APA

Item	S/APA ¹	APA ²				EPM	P-valor	
	15,99 % PB	11 % PB	12,66 % PB	14,32 % PB	15,99 % PB		L	Q
Órgãos internos (kg)								
Estômago	0,97	1,04	0,98	1,02	1,05	0,05	0,9289	0,7752
Retículo	0,14	0,12	0,10	0,10	0,11	0,03	0,4957	0,3463
Rúmen	0,56	0,65	0,61	0,64	0,68	0,02	0,7681	0,5958
Omaso	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12	0,01	0,5593	0,8274
Abomaso	0,18	0,16	0,16	0,18	0,15	0,02	0,7469	0,4143
Intestino	0,99	0,89	0,89	0,97	0,88	0,04	0,9911	0,2837
Fígado	0,55	0,52	0,49	0,51	0,60	0,02	0,2981	0,3054
Rins	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,03	0,5874	0,9898
Gorduras (kg)								
Cavitária	0,71	0,64	0,67	0,63	0,86	0,06	0,2903	0,3823
Perirrenal	0,18	0,16	0,20	0,14	0,22	0,02	0,6420	0,6330

¹S/APA= sem alcaloide piperidínico de algaroba; ²APA = Alcaloide piperidínico de algaroba (g/kg MS).

^{1,2,3}= efeito dos níveis de PB associados ao APA (regressão); $P<0,05$;

*Teste de Dunnett (níveis de PB com APA vs dieta controle sem APA); $P<0,05$;

Quando comparados os animais alimentados com a dieta controle com os alimentados com as demais dietas, igualmente, não foram observados efeitos para os órgãos internos (kg) e gorduras cavitária e perirrenal (kg) ($P>0,05$) (Tabela 12).

V- DISCUSSÃO

A hipótese é redução do teor de PB até 11% na dieta suplementada com APA não afeta o desempenho produtivo de ovinos em terminação.

5.1. Desempenho produtivo e metabolismo de nitrogênio

O requerimento de proteína em ruminantes para sua manutenção e produção é suprido pela proteína metabolizável, ou seja, pelos aminoácidos absorvidos no intestino delgado oriundos da digestão da fração de proteína da dieta que escapa da fermentação ruminal e da proteína microbiana (Chalupa, 1980). Desse modo, o consumo de MS em quantidade e qualidade interfere de forma direta sobre a produção de ruminantes.

As dietas com PB até 14,32% de PB proporcionaram maior consumo de CNF comparada à dieta controle por causa da maior proporção de milho. No entanto, para a dieta com APA e 15,99% de PB, o consumo de PB e CNF, além dos demais componentes nutricionais, foram menores que a dieta controle com a mesma concentração de PB. Todavia, o consumo de energia metabolizável não foi alterado.

A presença de aditivo com atividade contra bactérias gram-positivas tem o potencial de reduzir a demanda por PB da dieta, ao reduzir a deaminação proteolítica ruminal e/ou melhorar as relações sintróficas de populações microbianas do rúmen e dessa forma a utilização de proteína e energia da dieta (Richardson et al., 1976; Schelling, 1984; Pereira et al., 2017; Brito et al., 2020). Isso pode ser utilizado para explicar o efeito de APA na redução do consumo, mas sem afetar o consumo de energia.

Por outro lado, a ocorrência de variação quadrática com um pico próximo a 14,32% de PB para CMS e maioria dos componentes nutricionais mostra que o fornecimento de proteína aumentou a ingestão por favorecer a atividade microbiana no rúmen. Cheema et al. (1991) observaram maior consumo de matéria seca com níveis crescentes de PB em cordeiros alimentados com feno de aveia ou palha de cevada. Sultan et al. (2010) relataram 7,6% maior ingestão de MS e 22% de aumento no GMD em cordeiros em crescimento alimentados com dieta de 14% de PB em comparação com aqueles alimentados com dieta de 12% de PB.

Os consumos de EE e FDNcp, também, apresentaram variação quadrática, acompanhando a variação do CMS. No entanto, CNF variou de forma linear decrescente, pois, ao aumentar o teor de PB na dieta, houve uma redução do CNF na

dieta, com uma menor proporção de milho e uma maior proporção de farelo de soja (Tabela 1).

Quando as variáveis do consumo foram corrigidas pelo peso corporal médio, o consumo dos nutrientes se manteve similar ao consumo em g/dia. Exceto para os consumos de EE e FDNcp que aumentaram linearmente. Apesar de o consumo ter variado entre as dietas, não foi observada diferença de desempenho entre os animais, o que indica que o uso do APA melhora a utilização de proteína e energia ao manter o desempenho do animal mesmo com redução de PB na dieta para um ganho de peso diário predito de 200 g.

Quando se comparou a dieta controle (15,99% PB - S/APA) com as demais dietas observou CMO e CMS similar à dieta com 14,32 % PB (APA). A partir desse ponto houve uma redução, indicando, assim, uma melhoria do metabolismo animal ao melhorar o aproveitamento dos nutrientes com o auxílio do APA, em especial os nitrogenados. Esses dados corroboram com a explicação anterior sobre o aproveitamento dos nutrientes ao utilizar algum aditivo que tenha a capacidade de modificar a digestão no rúmen. Além do mais, as dietas com maiores teores de PB apresentavam uma menor concentração de CNF. Provavelmente, os animais que se alimentaram com dietas com menor teor de PB associado ao APA apresentaram uma melhor utilização de energia e proteína no rúmen, evidenciando-se ganho de peso corporal semelhante.

Isto porque, quando se utiliza um aditivo que reduza a deaminação de proteína no rúmen, quando existem baixas concentrações dietéticas de compostos nitrogenados. Sem a presença de aditivo ionóforo, como monensina, uma menor deposição de N na forma de tecidos deve-se ao fato de maior porcentagem do nitrogênio ingerido ser direcionada para reciclagem e, como consequência, menor porcentagem do nitrogênio estará disponível para produção (Detmann et al., 2014)

O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes não diferiu entre as dietas, com exceção para a digestibilidade da PB, em que foi observado um efeito linear crescente, corroborando com os resultados do consumo visto anteriormente. Salah et al. (2015) sugeriram que um maior consumo de matéria seca melhora a digestão ruminal da matéria orgânica, assim, melhora de forma geral o *status* de N dos animais, assim como, da microbiota ruminal.

O aumento da digestibilidade da proteína bruta (DPB) está ligado ao maior consumo desse componente oriundo de uma fonte de proteína de alta digestibilidade que é o farelo de soja. Geralmente, quanto maior a quantidade de PB ingerida maior é a diluição da proteína endógena, reduzindo seu efeito sobre o coeficiente de

digestibilidade aparente. Esse efeito pode ser demonstrado pelo aumento linear da proporção de N digerido relativo ao N ingerido com os níveis crescentes de PB nas dietas. A única diferença ao comparar a dieta controle com as demais dietas sobre a digestibilidades dos nutrientes foi a digestibilidade da PB nos animais alimentados com 11% PB. Isso se deu pela baixa concentração de PB da dieta, mas que efetivamente não afetou o desempenho.

Os animais alimentados com 11% PB (APA) apresentaram uma menor excreção de ureia quando comparados aos animais que foram alimentados com a dieta controle. Sabe-se que a ureia é a forma predominante de N na urina, e a sua maior reabsorção pelos rins e proporção reciclada ao trato gastrointestinal se dá quando os ruminantes recebem uma dieta com baixa concentração de N. Logo, os animais alimentados com 11% PB (APA) apesar de apresentarem um menor aporte de proteína pela dieta, não se observou diferença no desempenho produtivo. Isso se explica por dois fatores já mencionados, primeiro, mecanismos oriundos do próprio animal, como a reciclagem de ureia, e segundo, melhoria da utilização de proteína e energia a partir de suplementação com aditivo.

A possibilidade de uma menor demanda de PB da dieta contribui com menor gasto de energia metabólica para produção de ureia. Além disso, propicia um menor custo na alimentação animal e excreção de nitrogênio no ambiente.

Embora os animais alimentados com a dieta controle apresentaram uma maior quantidade de nitrogênio ingerido (g/dia) quando comparado com a dieta com 12,66% PB, estes dois grupos não diferiram em relação ao ND (%NI) e NR (%NI). Logo, os animais que foram alimentados com 12,66% PB (APA) foram tão eficientes quanto àqueles que foram alimentados com 15,99% PB (controle). Os resultados do uso de APA são promissores por proporcionar semelhança de retenção de N a partir de dieta suplementada com APA contendo 12,66% de PB e dieta controle com 15,99% de PB. Mais uma vez, indicando a possibilidade da redução do teor proteico da dieta quando associada ao APA.

As dietas contendo PB acima de 11% aditivadas com APA proporcionaram uma excreção de ureia comparável à dieta com 15,99% de PB sem APA. Sabe-se que se a hidrólise das proteínas alimentares, que liberam peptídeos, aminoácidos e amônia, ultrapassar a capacidade de assimilação de nitrogênio pelos microrganismos, ocorre acúmulo de amônia no líquido ruminal. Essa amônia em excesso será absorvida pelo

epitélio ruminal, metabolizada no fígado e convertida em ureia, podendo ser reciclada pela saliva e parede do rúmen ou excretada pela urina (Oliveira et al., 2005).

Uma forma de se reduzir a fermentação de proteínas alimentares, ou seja, de diminuir a concentração de amônia ruminal, é o controle de bactérias proteolíticas ou deaminadoras, que pode ser alcançado com a adição da monensina sódica (Yang & Russell, 1993) e possivelmente com o uso de APA (Brito et al., 2020).

Além disso, já foram evidenciados outros efeitos de monensina sobre a utilização de proteína da dieta, quais sejam, aumento de sua digestibilidade e efeito -poupador da proteína na suplementação (Schelling 1984). Porém, Lana et al. (1997) advertiram que a maior eficiência da monensina em dietas com teor proteico acima da exigência do animal foi obtida quando se aumenta a quantidade de monensina na dieta dos animais. No entanto, os resultados obtidos neste trabalho indicam que o APA, provavelmente, apresenta resultados semelhantes a estes da monensina.

Brito et al. (2020) recomendaram reduzir o conteúdo de PB de 16% para 13% com o uso de APA a 31,5 mg/kg em dieta para cordeiros, fato que evidencia ainda mais a eficiência do uso do APA, haja vista a dose de 17 mg/kg foi eficaz em manter o desempenho dos ovinos com concentrações ainda menores de PB nas dietas.

Entretanto, a utilização deste ionóforo, além de proporcionar a diminuição da concentração de PB na dieta, contribui para mitigar as perdas de nitrogênio no rúmen como resultado à menor oferta de proteína e/ou melhoria na utilização da proteína. A quantidade de aminoácidos de origem alimentar que chegam ao intestino delgado, que pode ser evidenciada pela semelhança na retenção de N relativa ao N ingerido entre as dietas aditivadas comparadas à dieta controle, independente do conteúdo de PB. Esse efeito é vantajoso por proporcionar o aporte de aminoácidos que serão utilizados para atender o requerimento proteico do animal (Russell & Strobel, 1989).

Sabe-se que quanto maior for a produção microbiana, menor será a quantidade de fontes proteicas não degradáveis no rúmen necessária para atender o requerimento proteico do animal (Oliveira, 2005). Assim, mesmo com a redução do teor de PB nas dietas, a presença do APA manteve a síntese microbiana similar entre 11% e 15,99% de PB. Assim, a máxima síntese microbiana ocorre quando há elevado e adequado ajuste da energia fermentescível, obtida com a fermentação de carboidratos no rúmen e com o nitrogênio na forma de amônia, resultante tanto da fermentação da proteína alimentar verdadeira como do nitrogênio não-proteico, na forma de ureia (AFRC, 1993).

Brito et al. (2020) ao analisarem níveis de PB com monensina, APA e sem aditivo, observaram efeito dos aditivos (monensina e APA) sobre a síntese microbiana. O APA provavelmente pode alterar as relações sintróficas dos microrganismos ruminais de uma maneira diferente do que monensina, uma vez que, as bactérias gram-positivas do rúmen são inibidas por ambos os agentes antimicrobianos (Pereira et al., 2017). A monensina atua no metabolismo das proteínas do rúmen diminuindo o crescimento de bactérias HAP reduzindo assim a degradação da proteína oriunda da dieta (Santos et al. 2013; Pereira et al. 2017).

Dois fatores interligados podem justificar o aumento linear de N-ureico plasmático, a concentração de PB oriunda da dieta e também o excesso de N-NH₃ devido à taxa de hidrólise dos compostos nitrogenados por bactérias proteolíticas. Mesmo que APA possa reduzir a atividade de bactérias gram-positivas fermentadoras de aminoácidos (alta atividade deaminadora), não afetaria a atividade de bactérias gram-negativas proteolíticas e com baixa atividade deaminadora no rúmen.

Se a hidrólise das proteínas alimentares, que liberam peptídeos, aminoácidos e amônia, ultrapassar a capacidade de assimilação de nitrogênio pelos microrganismos, ocorre acúmulo de amônia no líquido ruminal. Essa amônia em excesso será absorvida pelo epitélio ruminal, metabolizada no fígado e convertida em ureia, podendo ser reciclada pela saliva ou pela parede ruminal ou excretada pela urina. Alimentos ricos em proteínas junto com uma degradação ruminal intensa leva ao excesso de amônia acumulada no rúmen. Além disso, os custos metabólicos para desintoxicar o excesso de amônia produzido no fígado requerem energia (Lobley et al., 1995), que não será disponibilizada para o crescimento animal e, em última análise, afetam eficiência de produção (Seoni et al., 2018). Em contrapartida, Seoni et al. (2018) observaram maior peso ao abate e maior ganho médio diário em ovinos alimentados com níveis de 20% PB quando comparado com os alimentados com 15% de PB. Esse resultado é consistente com diversos estudos, o que indica que o teor de PB da dieta tem um importante efeito sobre consumo de MS e o GMD em ovinos.

A faixa de variação de N-ureia no plasma foi entre 16,33 mg/dl para 11% de PB e 23,15 mg/dl para 15,99% de PB.

A similaridade no desempenho entre os animais mesmo com menor conteúdo de PB na dieta quando comparado com animais alimentados com nível recomendado de PB, indica, uma vez mais, a ação do APA na melhoria da eficiência alimentar, com isso,

corroborando com os efeitos já conhecidos com os tradicionais ionóforos utilizados como modulador ruminal para melhorar desempenho de ruminantes.

5.2. Medidas morfométricas e de carcaça e peso de órgãos internos

A não observância de efeitos das dietas experimentais para medidas morfométricas pode ser explicada pela semelhança do peso vivo ao abate. O uso do APA nas dietas com baixo fornecimento de PB para terminação de ovinos melhora o desempenho, pois animais que receberam dieta com PB abaixo da recomendação pelo NRC (2007) apresentaram medidas morfométricas similares, como é o caso da largura da garupa. Segundo Pinheiro (2010), a largura da garupa indica maior proporção de músculos do corte da perna, uma característica importante a ser buscada em ovinos destinados ao abate, sendo a perna um dos cortes mais nobres da carcaça, e conseqüentemente mais valorizados na espécie ovina. Destarte, essa similaridade das medidas morfométricas pode ser devido ao aporte de CNF das dietas com 11% de PB associado ao APA em relação às dietas com 15,99 % PB. Em que as dietas com 11% PB tinham uma maior concentração de CNF em relação as outras dietas e, juntamente com o provável efeito do APA sobre o metabolismo proteico permitiu um sinergismo de utilização de energia e proteína no rúmen, possibilitando assim, a similaridade do peso pré-abate e medidas morfométricas.

Os níveis de PB associados ao APA interferiram linearmente sobre o rendimento de carcaça fria. Provavelmente esse resultado é em resposta a acúmulos de fatores no decorrer do processo. Primeiro, apesar da gordura subcutânea não ter diferido, esta apresentou um aumento numérico ao aumentar o teor de PB na dieta. E segundo, o rendimento de carcaça quente tendeu a diferir entre os níveis crescentes de PB associados ao APA. No entanto, a similaridade de modo geral observada no peso da carcaça foi principalmente devido à similaridade na taxa de crescimento e peso vivo ao abate desses animais.

O nível de 14,3 % de PB com APA na dieta mostrou mesmo rendimento de carcaça fria que a dieta controle. Em adição, a perda por resfriamento também não diferiu entre as dietas em função da similaridade da gordura subcutânea entre as carcaças. A espessura da gordura subcutânea é de grande importância para qualidade do produto final. Assim, a similaridade da gordura subcutânea (GSC) é mais um indicativo

da possibilidade da redução do teor proteico na dieta associado ao APA sem efeito negativo para a carcaça (perda de umidade e escurecimento dos músculos).

Fluharty e McClure (1997) observaram que cordeiros alimentados com dieta rica em proteína tinham maiores pesos e taxas de aumento de fígado mais rápidas em comparação com cordeiros alimentados com conteúdo de proteína recomendado na dieta. A maior parte da necessidade de energia de manutenção dos animais pode ser atribuído à necessidade de energia de órgãos viscerais, especialmente, o fígado e parece estar associado a altas taxas de síntese de proteína hepática (Ferrell e Jenkins, 1985). Fatores dietéticos determinam as sobrecargas metabólicas no fígado e pode influenciar direta ou indiretamente seu crescimento (Sainz e Bentley, 1997). Entretanto, não foi observado nesse trabalho, efeito sobre o peso do fígado e demais órgãos internos analisados entre animais alimentados com diferentes níveis de PB. Portanto, essa similaridade do peso do fígado entre animais alimentados com níveis diferentes de PB na dieta possa ser resultado de que APA contribuiu para modular o metabolismo proteico em ovinos alimentados com níveis de PB abaixo da recomendação.

VI- CONCLUSÕES

Adição de extrato enriquecido com o APA permite a redução de proteína dietética a 11% sem efeito negativo ao desempenho de ovinos.

VII- REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. 1993. Energy and requirements of ruminants. Wallingford, CAB INTERNATIONAL. p.159.

AOAC, 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists Washington, D. USA.

BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V, OLIVEIRA, S. G. 2010. Nutrição de ruminantes. 2 ed. Jaboticabal: Funep, p.616.

BRUINENBERG, M., ZOM, R., VALK, H., 2002. Energy evaluation of fresh grass in the diets of lactating dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 50, 67–81.

CIEŚLAK, A., SZUMACHER-STRABEL, M., STOCHMAL, A., AND OLESZEK, W. 2013. Plant components with specific activities against rumen methanogens. *Animal*. 7(s2), 253-265. <https://doi:10.1017/S1751731113000852>

CHALUPA, W. Methods for estimating protein requirements and feed protein values for ruminants. *Feedstuffs*, p.18–20, 1980.

CHOUHDARY, M.I., NAWAZ, S.A., ZAHEER-UL-HAQ, AZIM, M.K., LANA, R. P., FOX, D. G. 2001. Interações entre monensina sódica, óleo de soja e fontes de nitrogênio no desempenho de novilhos aberdeen angus em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.1, p.247-253.

COBELLIS, G., YU, Z., FORTE, C., ACUTI, G., TRABALZA-MARINUCCI, M. 2016. Dietary supplementation of *Rosmarinus officinalis* L. leaves in sheep affects the abundance of rumen methanogens and other microbial populations. *Journal of Animal Science and biotechnology*. p.7-27. doi: 10.1186/s40104-016-0086-8

JOUANY JP, MORGAVI DP. 2007. Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*. Nov;1(10). p.1443-66. <http://doi:10.1017/S1751731107000742>.

LANA, R.P.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. et al. Influence of monensin on Holstein steers fed high-concentrate diets containing soybean meal or urea. *Journal of Animal Science*, v.75, p.2571–2579, 1997.

LOBLEY, G., CONNELL, A., LOMAX, M.A., BROWN, D.S., MILNE, E., CALDER, A.G., FARNINGHAM, D., 1995. Hepatic detoxification of ammonia in the ovine liver: possible consequences for amino acid catabolism. *Br. J. Nutr.* 73, 667–685.

MANERO A, VILANOVA X, CERDÀ-CUÉLLAR M, BLANCH AR. 2006. Vancomycin- and erythromycin-resistant enterococci in a pig farm and its environment. *Environmental microbiology*. Vol.8(4), p.667-74 DOI: 10.1111/j.1462-2920.2005.00945.x

OLIVEIRA, M. V. M., LANA, R. P., JHAM, G. N., PEREIRA, J. C., PÉREZ, J. R. O., VALADARES FILHO, S. C. Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2005.

OTT-LONGONI, R., VISWANATHAN, N., HESSE, M. 1980. A estrutura do alcaloide juliprosopine da *Prosopis juliflora* A. DC. *Helv Chem Acta* 63(7):2119–2129.

PEREIRA, T. C. J., PEREIRA, M. L. A. MOREIRA, J. V., AZEVEDO, J. A. G. BATISTA, R. PAULA, V. F. OLIVEIRA, B. S. SANTOS, E. J. S. 2016. Efeito do alcaloide da vagem de mesquita sobre os produtos da fermentação *in vitro*. *Environ. Sci. Pollut. Res.* [http: DOI 10.1007/s11356-016-7761-3](http://DOI.10.1007/s11356-016-7761-3)

RANGA NIROSHAN APPUHAMY, J. A. D., A. B. STRATHE, S. JAYASUNDARA, C. WAGNER-RIDDLE, J. DIJKSTRA, J. FRANCE, AND E. KEBREAB. 2013. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 96, p.5161–5173. doi:10.3168/jds.2012-5923

ROGERS, J. A., DAVIS, C. L. Rumen Volatile Fatty Acid Production and Nutrient Utilization in Steers Fed a Diet Supplemented with Sodium Bicarbonate and Monensin. *Journal of Dairy Science*. 1982.

SALAH, N., SAUVANT, D., ARCHIMÈDE, H., 2015. Response of growing ruminants to diet in warm climates: a meta-analysis. *Animal* 9, 822–830.

SANTOS E. T., PEREIRA, M. L. A., SILVA, C. F. P. G., SOUZA-NETA, L. C., GERIS, R., SILVA H. G. O., FREITAS, G. C., FIGUEIREDO, M. P., OLIVEIRA, F. F., BATISTA, R. 2013. Atividade antimicrobiana do extrato alcaloídico enriquecido com extrato de vagem de *Prosopis juliflora* e sua influência na digestão ruminal *in vitro*. *International Journal of Molecular Science* 14, p.8496–851.

SEONI, E., BATTACONE, G. SILACCI, P., KRAGTEN S. A., CHELALI, J. M., DOHME-MEJER, F, BEE, G. Effect of condensed tannins from Birdsfoot trefoil and dietary protein level on growth performance, carcass composition and meat quality of ram lambs. *Small ruminant research*. 2018.

SORIO, A.; BRAGA, F.; LIMA, F.; MAIA, G.; RASI, L.; ONDER, L.O.D. 2012. Estudo de viabilidade técnica e econômica destinado à implantação do parque produtivo nacional de aditivos da indústria de alimentação de animais de produção. *Passo Fundo: Méritos*, 300 p., 2012.

STEVANOVIĆ, Z., BOŠNJAK-NEUMÜLLER, J., PAJIC-LIJAKOVIĆ, I., RAJ, J., AND VASILJEVIĆ, M. 2018. Essential oils as feed additives—Future perspectives. *Molecules*. 23, 1717. <https://doi:10.3390/molecules23071717>

ZENG, Z., ZHANG, S., WANG, H., AND PIAO, X. 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 7. <https://doi:10.1186/s40104-015-0004-5>

YANG, C.M.J.; RUSSELL, J.B. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the numbers of aminoacid-fermenting bacteria. *Journal of Animal Science*, v.71, n.12, p.3470-3476, 1993.