



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ADITIVOS NATURAIS EM DIETAS PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS
EM CONFINAMENTO**

AYLPY RENAN DUTRA SANTOS

Tese apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Zootecnia, como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia

Dourados - MS
Março de 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ADITIVOS NATURAIS EM DIETAS PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS
EM CONFINAMENTO**

AYLPY RENAN DUTRA SANTOS

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Fernando Miranda de Vargas Junior

Coorientadora: Dra. Tatiane Fernandes

Tese apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Zootecnia, como parte das
exigências para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia

Dourados - MS

Março de 2024



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237a Santos, Aylpy Renan Dutra
ADITIVOS NATURAIS EM DIETAS PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM
CONFINAMENTO [recurso eletrônico] / Aylpy Renan Dutra Santos. -- 2024.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Fernando Miranda de Vargas Junior.
Coorientador: Tatiane Fernandes.
Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. manipulação ruminal. 2. biocompostos ativos. 3. taninos. 4. β -cariofileno. 5. produtos. I.
Vargas Junior, Fernando Miranda De . II. Fernandes, Tatiane. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

ADITIVOS NATURAIS EM DIETAS PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

por

AYLPY RENAN DUTRA SANTOS

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de DOUTOR EM ZOOTECNIA

Aprovado(a) em: 22/03/2024



Documento assinado digitalmente
FERNANDO MIRANDA DE VARGAS JUNIOR
Data: 26/03/2024 07:39:19-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Fernando Miranda de Vargas Junior
Orientador(a) – UFGD



Documento assinado digitalmente
ALDA LUCIA GOMES MONTEIRO
Data: 27/03/2024 14:24:46-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro
I IFPR



Documento assinado digitalmente
ALEXANDRE RODRIGO MENDES FERNANDES
Data: 05/04/2024 08:02:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes
UFGD

PANEA DOBLADO
MARIA BEGOÑA -
25145265D

Firmado digitalmente por PANEA
DOBLADO MARIA BEGOÑA -
25145265D
Fecha: 2024.03.26 08:31:10 +01'00'

Dra. Begoña Paena Doblado
CITA



Documento assinado digitalmente
HENRIQUE NUNES PARENTE
Data: 04/04/2024 17:53:58-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. Henrique Nunes Parente
UFMA

DEDICATÓRIA

Ao Deus Trino dono de todas as coisas e à
minha família, em especial, meus Pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por sua direção e infinita misericórdia.

À Universidade Federal da Grande Dourados, em especial, ao Programa de Pós - Graduação em Zootecnia pela oportunidade concedida.

Ao Professor Dr. Fernando Miranda de Vargas Junior pela orientação, conselhos e confiança. Obrigado pela oportunidade.

À minha Coorientadora Dra. Tatiane Fernandes pelo auxílio prestado na execução e análises dos experimentos que compuseram este trabalho.

Aos integrantes e amigos do grupo Ovinotecnia - UFGD, em especial à Bianca, Thainara, Carolina, Gustavo, Thierry, Mirelly, Samuel, Ana, Luana, Italo, Luis Ernesto, Carlos, Andreza, Sloan, João Victor, Marcio, Nicolly, Maria Julia e Yara, os quais sempre estiveram dispostos a ajudar em todas as etapas deste trabalho e ainda me presentearam com suas amizades.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo aprendizado concedido.

Aos servidores e funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados pelo auxílio prestado durante este Doutorado.

Aos meus pais, Maria da Luz Dutra Santos e Raimundo de Sousa Santos, e irmãos, Kleyton Érico Dutra Santos e Kelly Layane Dutra Santos. Obrigado por todo o apoio, sem vocês eu não teria conseguido.

À querida Juliana Dias por sempre estar ao meu lado em Dourados, me apoiando e me acompanhando. Com seu companheirismo, a caminhada se tornou mais leve.

À Jéssica Pantoja (*in memorian*), Cristiane Barbosa, Carla Giselly, Renata Alves, Ariadne Patrícia, as quais foram essenciais para o desenvolvimento do experimento em confinamento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa, a qual foi fundamental durante este Doutorado.

A todos, os meus sinceros agradecimentos!!!

“Trabalho duro é inútil para aqueles que não acreditam em si mesmos”

-Naruto Uzumaki

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	3
CAPÍTULO I.....	6
ADITIVOS NATURAIS COMO MODULADORES RUMINAIS E SEUS EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE.....	6
1. REVISÃO DE LITERATURA	7
1.1. Fermentação ruminal	7
1.2. Manipulação da fermentação ruminal	10
1.3. Copaíba.....	13
1.4. Barbatimão	16
1.5. Efeito dos biocompostos de plantas sobre as características de carcaça e qualidade da carne.....	18
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO II.....	31
AVALIAÇÃO <i>in vitro</i> DE ADITIVOS NATURAIS SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO RÚMEN	31
Introdução.....	34
Material e Métodos	35
Local	35
Experimento I	35
<i>Tratamentos, incubação e análises químicas</i>	35
<i>Desenho experimental e análise estatística</i>	37
Experimento II.....	38
<i>Tratamentos, incubação e análises químicas</i>	38
<i>Desenho experimental e análise estatística</i>	40
Resultados.....	41

Experimento I	41
Experimento II.....	42
Discussão.....	43
Conclusão.....	45
Referências.....	46
CAPÍTULO III	61
OLEORRESINA DE COPAÍBA (<i>Copaifera reticulata</i>) NA DIETA DE CORDEIROS EM TERMINAÇÃO: EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE	61
Introdução.....	63
Material e métodos	65
<i>Local e Procedimentos Experimentais</i>	65
<i>Obtenção e Análise da Oleorresina de Copaíba</i>	65
<i>Animais, Dietas Experimentais e Manejo</i>	66
<i>Abate e Avaliação da Carcaça</i>	67
<i>Avaliação da Qualidade da Carne</i>	69
<i>Análise estatística</i>	71
Resultados.....	71
Discussão.....	73
Referências.....	80
CAPÍTULO IV	100
EFEITOS DE ADITIVOS NATURAIS DA CASCA DE BARBATIMÃO (<i>Stryphnodendron rotundifolium</i>) SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS TERMINADOS EM CONFINAMENTO.....	100
Introdução.....	102
Material e Métodos.....	104
<i>Local e Procedimentos Experimentais</i>	104

<i>Coleta, Obtenção e Análise dos Aditivos</i>	104
<i>Animais, Dietas Experimentais e Manejo</i>	106
<i>Abate e Avaliação da Carcaça</i>	107
<i>Avaliação da Qualidade da Carne</i>	109
<i>Análise estatística</i>	111
Resultados.....	112
Discussão.....	113
Considerações Finais	123
Referências.....	124
CONSIDERAÇÕES FINAIS	145

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1 Composição centesimal das dietas experimentais	51
Tabela 2 Composição química e componentes bioativos do oleorresina da copaíba	52
Tabela 3 Composição química e compostos bioativos da casca seca de barbatimão (CSB)	54
Tabela 4 Produção de ácidos graxos de cadeia curta (mM/100mM) em função dos níveis de oleorresina de copaíba (µl/100 mg de MS incubada) e de concentrado (%)	55
Tabela 5 Produção de ácidos graxos de cadeia curta (mM/100mM) em função dos níveis de casca seca de barbatimão (g/100 mg de MS incubada) e de concentrado (%)	58

Capítulo III

Tabela 1. Composição centesimal e química das dietas experimentais.	88
Tabela 2. Composição química e componentes bioativos do oleorresina da copaíba.	89
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.	91
Tabela 4. Características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	92
Tabela 5. Rendimento dos componentes não-carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	93
Tabela 6. Rendimento dos cortes comerciais de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	94
Tabela 7. Composição tecidual do pernil de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	95
Tabela 8. Parâmetros físicos do músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	96
Tabela 9. Parâmetros químicos do músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	97
Tabela 10. Perfil de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) do músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.	98

Capítulo IV

Tabela 1. Composição centesimal e química das dietas experimentais.	134
--	-----

Tabela 2. Composição química e componentes bioativos da casca seca de barbatimão (CSB) e extrato hidroalcólico da casca de barbatimão (EHB).	135
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.	136
Tabela 4. Características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	137
Tabela 5. Rendimento dos componentes não-carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	138
Tabela 6. Rendimento dos cortes comerciais de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	139
Tabela 7. Composição tecidual do pernil de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	140
Tabela 8. Parâmetros físicos do músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	141
Tabela 9. Composição centesimal do músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	142
Tabela 10. Perfil de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) do músculo <i>Longissimus thoracis et lumborum</i> de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.	143

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1: Estrutura de membrana das bactérias gram-positivas e gram-negativa.....	11
Figura 2: Mecanismo de ação da monensina sobre <i>Streptococcus bovis</i>	11
Figura 3: Árvore de copaíba (A) e oleorresina de copaíba (B)	14
Figura 4: Árvore do barbatimão (A) e casca do caule de barbatimão (B).....	16

Capítulo II

Figura 1: Produção de propionato em função dos níveis de oleorresina de copaíba.....	57
Figura 2: Produção de valerato em função dos níveis de concentrado.....	57
Figura 3: Produção de propionato em função dos níveis de casca seca de barbatimão .	60
Figura 4: Relação acetato:propionato em função dos níveis de casca seca de barbatimão	60

RESUMO

SANTOS, A. R. D. Aditivos naturais em dietas para terminação de cordeiros em confinamento. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS, 2024. 160f.

Esta tese teve como objetivos: abordar sobre o uso de aditivos naturais como moduladores do processo de fermentação ruminal e sua influência nas características de carcaça e qualidade da carne (Capítulo I); avaliar os efeitos de doses crescentes de oleorresina de copaíba e casca seca de barbatimão em associação com dietas contendo diferentes proporções de concentrado sobre o perfil de ácidos graxos do rúmen em um ensaio de fermentação ruminal *in vitro* (Capítulo II); avaliar a inclusão da oleorresina de copaíba na dieta e seus efeitos sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento (Capítulo III); determinar os possíveis efeitos de aditivos naturais elaborados a partir da casca de barbatimão sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento (Capítulo IV). O Capítulo I foi baseado em estudos publicados na literatura que relatam sobre os biocompostos de plantas como moduladores ruminais e seus possíveis efeitos sobre as características de carcaça e qualidade da carne. Constatou-se que estes compostos possuem potencial de uso na nutrição de ruminantes, pois melhoram o processo de fermentação ruminal e a qualidade final dos produtos, o que se deve às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes. No Capítulo II, foram realizados dois experimentos *in vitro*, onde avaliou-se quatro níveis de oleorresina de copaíba: (OC0 - 0 µl de OC/100 mg de MS incubada; OC1 - 0,060 µl de OC/100 mg de MS incubada; OC2 - 0,120 µl de OC/100 mg de MS incubada e OC3 - 0,180 µl de OC/100 mg de MS incubada) e quatro níveis de casca moída de barbatimão (CB0 - 0 g de CSB/100 mg de MS incubada; CB1 - 0,00013 g de CSB/100 mg de MS incubada; CB2 - 0,00020 g de CSB/100 mg de MS incubada e CB3 - 0,00027 g de CSB/100 mg de MS incubada) em dietas com teores crescentes de concentrado (20; 50 e 80%) sobre o perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do rúmen. A proporção molar de propionato decresceu linearmente em função dos níveis crescentes de OC e CSB ($P < 0,05$). A relação acetato:propionato aumentou linearmente em função do aumento dos níveis de CSB ($P = 0,029$). A concentração total de ácidos graxos não foi afetada pelos tratamentos avaliados ($P > 0,05$). Neste estudo *in vitro*, as bactérias produtoras de propionato foram as mais afetadas, demonstrando que a inclusão dos biocompostos presentes na oleorresina de copaíba e casca seca de barbatimão não foram capazes de substituir a lasalocida sódica e melhorar os processos benéficos da fermentação ruminal.

No capítulo III, vinte e quatro cordeiros da raça Pantaneira com 152 dias de idade e $21,2 \pm 3,9$ kg de peso corporal inicial foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com três tratamentos (LAS - 0,019 g de lasalocida sódica/kg da dieta; OC05 - 0,5 ml de oleorresina de copaíba/animal/dia; OC1 - 1,0 ml de oleorresina de copaíba/animal/dia) e oito repetições. O peso de carcaça quente, peso de carcaça fria e o rendimento de carcaça fria foram superiores ($P < 0,05$) em LAS e OC1 em comparação a OC05. As carcaças oriundas de LAS apresentaram maior estado de engorduramento ($P < 0,05$) em comparação à OC05. As inclusões de OC05 e OC1 na dieta reduziram ($P < 0,05$) os valores referentes ao pH final das carcaças. A concentração de ácido graxo gordo (C20:1), eicosadienóico (C20:3n-3) e di-homo- α -linolênico (C20:2n-6) diferiram em função da adição de OC na dieta. No geral, a concentração destes ácidos graxos na carne foi maior com a adição de LAS quando comparado à OC05 e OC1. Os demais parâmetros relacionados ao perfil de ácidos graxos da carne não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,05$). Os resultados deste estudo indicaram que a oleorresina de copaíba pode substituir a lasalocida sódica na dieta de cordeiros em terminação sem causar impactos negativos sobre as características de carcaça e qualidade da carne. Quanto ao Capítulo IV, vinte e quatro cordeiros machos não castrados da raça Pantaneira com peso corporal inicial de $21,2 \pm 3,6$ kg e $150 \pm 4,5$ dias de idade foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com três tratamentos: 1,50 g/animal/dia de casca seca de barbatimão (CSB); 0,300 g/animal/dia de extrato hidroalcolico da casca de barbatimão (EHB) e 0,018 g/animal/dia de lasalocida sódica (LAS). As características de carcaça não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos tratamentos, exceto o grau de acabamento ($P = 0,010$), onde LAS apresentou valores superiores a EHB, mas semelhante à CSB, que por sua vez não se diferiu do EHB. Os parâmetros de qualidade da carne como cor da carne foram influenciados pelos tratamentos, onde os valores de intensidade de amarelo e Hue angle de LAS e CSB foram superiores aos de EHB ($P < 0,05$). Em relação ao perfil de ácidos graxos da carne, não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$). Com base nisso, este estudo demonstrou que os aditivos naturais oriundos da casca de barbatimão podem substituir a lasalocida sódica sem impactar negativamente as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros.

Palavras-chave: manipulação ruminal; biocompostos ativos; taninos; β -cariofileno; produtos.

ABSTRACT

SANTOS, A. R. D. Effects of natural additives on rumen fatty acid profile, carcass characteristics, and meat quality of feedlot-finished lambs

This thesis aimed to: address the use of natural additives as modulators of the ruminal fermentation process and their influence on carcass characteristics and meat quality (Chapter I); evaluate the effects of increasing doses of copaiba oleoresin and dried barbatimão bark in association with diets containing different proportions of concentrate on the rumen fatty acid profile in an *in vitro* ruminal fermentation assay (Chapter II); evaluate the inclusion of copaiba oleoresin in the diet and its effects on carcass characteristics and meat quality of feedlot-finished lambs (Chapter III); determine the possible effects of natural additives derived from barbatimão bark on carcass characteristics and meat quality of feedlot-finished lambs (Chapter IV). Chapter I was based on studies published in the literature reporting on plant biocompounds as ruminal modulators and their possible effects on carcass characteristics and meat quality. It was found that these compounds have potential use in ruminant nutrition, as they improve the ruminal fermentation process and the final quality of products, due to their antimicrobial and antioxidant properties. In Chapter II, two *in vitro* experiments were conducted, where four levels of copaiba oleoresin were evaluated: (OC0 - 0 µl of CO/100 mg of incubated DM; OC1 - 0.060 µl of CO/100 mg of incubated DM; OC2 - 0.120 µl of CO/100 mg of incubated DM; and OC3 - 0.180 µl of CO/100 mg of incubated DM) and four levels of ground barbatimão bark (BB0 - 0 g of GB/100 mg of incubated DM; BB1 - 0.00013 g of GB/100 mg of incubated DM; BB2 - 0.00020 g of GB/100 mg of incubated DM; and BB3 - 0.00027 g of GB/100 mg of incubated DM) in diets with increasing concentrate levels (20, 50, and 80%) on the rumen short-chain fatty acid (SCFA) profile. The molar proportion of propionate decreased linearly with increasing levels of CO and BB ($P < 0.05$). The acetate:propionate ratio increased linearly with increasing levels of BB ($P = 0.029$). In this *in vitro* study, propionate-producing bacteria were the most affected, demonstrating that the inclusion of the biocompounds present in copaiba oleoresin and dried barbatimão bark were not able to improve the beneficial processes of ruminal fermentation. In Chapter III, twenty-four Pantaneira breed lambs at 152 days of age and 21.2 ± 3.9 kg of initial body weight were distributed in a randomized block design with three treatments (LAS - 0.019 g of sodium lasalocid/kg of diet; OC05 - 0.5 ml of copaiba oleoresin/animal/day; OC1 - 1.0 ml of copaiba oleoresin/animal/day) and eight replications. Hot carcass weight, cold carcass weight, and cold carcass yield were higher

($P < 0.05$) in LAS and OC1 compared to OC05. Carcasses from LAS had higher fatness scores ($P < 0.05$) compared to OC05. Inclusions of OC05 and OC1 in the diet reduced ($P < 0.05$) the final pH values of carcasses. The concentration of gondoic acid (C20:1), eicosadienoic acid (C20:3n-3), and dihomo- α -linolenic acid (C20:2n-6) differed depending on the addition of CO in the diet. Overall, the concentration of these fatty acids in meat was higher with the addition of LAS compared to OC05 and OC1. Other parameters related to the meat fatty acid profile were not affected by treatments ($P > 0.05$). The results of this study indicated that copaiba oleoresin can replace sodium lasalocid in the diet of finishing lambs without negatively impacting carcass characteristics and meat quality. As for Chapter IV, twenty-four non-castrated male Pantaneira lambs with an initial body weight of 21.2 ± 3.6 kg and 150 ± 4.5 days of age were distributed in a randomized block design with three treatments: 1.50 g/animal/day of dried barbatimão bark (BB); 0.300 g/animal/day of hydroalcoholic extract from barbatimão bark (HEB); and 0.018 g/animal/day of sodium lasalocid (LAS). Carcass characteristics were not influenced ($P > 0.05$) by treatments, except for fatness score ($P = 0.010$), where LAS showed higher values than HEB, but similar to BB, which in turn did not differ from HEB. Meat quality parameters such as meat color were influenced by treatments, where the yellow intensity and Hue angle values of LAS and BB were higher than those of HEB ($P < 0.05$). Regarding the meat fatty acid profile, there was no difference between treatments ($P > 0.05$). Based on this, this study demonstrated that natural additives derived from barbatimão bark can replace sodium lasalocid without negatively impacting lamb carcass characteristics and meat quality.

Keywords: ruminal manipulation; active biocompounds; tannins; β -caryophyllene; products.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O sucesso evolutivo dos ruminantes se deve em especial à relação de simbiose que estes animais preservam com os microrganismos ruminais. Na prática, esta relação simbiótica é representada pelo processo fermentativo que acontece no rúmen, o qual possibilita aos ruminantes o aproveitamento de alimentos fibrosos. Entretanto, durante a fermentação ruminal algumas ineficiências neste processo são observadas, destacando-se a produção entérica de metano (CH_4) e a elevada degradação ruminal de proteína verdadeira devido a ação dos microrganismos ruminais (Chalupa, 1977). Estes problemas encorajaram muitos pesquisadores a desenvolverem estudos com a intenção de manipular a fermentação ruminal e assim, aumentar a eficiência deste processo. É importante destacar que a manipulação da fermentação ruminal tem como objetivos: maximizar os processos benéficos, minimizar os processos ineficientes e reduzir os processos prejudiciais para o animal hospedeiro (Nagaraja et al., 1997).

Dentre as estratégias utilizadas para este fim, o uso de aditivos ionóforos na dieta de ruminantes parece ser a mais eficiente (Nagaraja et al., 1997). A ação destes aditivos consiste em modificar a população microbiana no rúmen, inibindo as bactérias gram-positivas, produtoras de ácido acético e beneficiando as bactérias gram-negativas, as quais produzem propionato (Morais et al., 2006). Com isso, há uma maior eficiência de uso da energia da dieta e uma menor formação de amônia no rúmen, acarretando um maior fluxo de proteína de origem alimentar para o intestino e com isso, melhor desempenho animal (Nagaraja et al., 1997).

Apesar dos benefícios, o uso de aditivos ionóforos na nutrição de ruminantes tem sido associado à presença de resíduos em produtos e à disseminação de microrganismos resistentes, e por isto, restrições estão sendo impostas aos produtos oriundos de sistemas de produção onde estes aditivos são utilizados (Russel e Houlihan, 2003; Silva et al., 2020). Além disso, o efeito cumulativo destes inóforos no meio ambiente como possível contaminante pode aumentar as vias potenciais para resistência de microrganismos (Martinez, 2008; Marti et al., 2014; Aslam et al., 2021). Nesse sentido, o uso de extratos vegetais como moduladores ruminais despertou o interesse de diversas pesquisas. A justificativa para isto é que as plantas produzem metabólitos secundários ou compostos bioativos que possuem propriedades antimicrobianas, os quais atuam sobre os microrganismos por meio de mecanismos diversos e por isto, o desenvolvimento de resistência é menor (Khameneh et al., 2021).

A copaíba (*Copaifera* sp) e o barbatimão (*Stryphnodendron*) são duas espécies de plantas típicas do cerrado brasileiro que se destacam pela sua riqueza de biocompostos, justificando o seu uso como antimicrobianos naturais (Abrão et al., 2015; Souza-Moreira et al., 2018).

O principal biocomposto ativo da copaíba é o β -cariofileno, o qual está presente em alta concentração na oleorresina extraída do tronco das copaibeiras (Trindade et al., 2018). Este composto tem potente ação contra bactérias gram-positivas (Yoo & Jwa, 2018) e baixa taxa de degradação ruminal (Pouloupoulou & Hadjigeorgiou, 2021), o que torna a oleorresina de copaíba um potencial modulador da fermentação ruminal. A inclusão de oleorresina na dieta resultou em melhorias relacionadas ao desempenho produtivo de ruminantes (Moura et al., 2017; Lima et al., 2018), contudo, os seus efeitos sobre as características de carcaça e qualidade da carne de ruminantes carecem de maiores investigações.

A casca do caule do barbatimão é rica em taninos (25-37%), biocomposto que apresenta comprovada atividade antimicrobiana e potencial de modular a fermentação ruminal quando incluso em baixa concentração na dieta (Morais et al., 2006; Almeida et al., 2017; Souza-Moreira et al., 2018). Estudos anteriores demonstraram que a inclusão de taninos na dieta de ruminantes melhora a eficiência alimentar, reduz a produção entérica de CH₄ e aumenta o fluxo de proteína alimentar para o intestino (Orlundi et al., 2015; Aboagye et al., 2018; Adejoro et al., 2019). Contudo, os benefícios da utilização de taninos na alimentação de ruminantes são ainda contraditórios, pois dependem de diversos fatores, sendo que o principal é a espécie botânica de origem (Orzuna-Orzuna et al., 2021). Na literatura, os trabalhos que avaliaram a utilização do barbatimão como fonte de taninos para ruminantes são escassos, destacando-se o estudo de Barbosa et al. (2023), conduzido em cordeiros. Contudo, Barbosa et al. (2023) não se aprofundaram na avaliação das variáveis relacionadas às características de carcaça e qualidade da carne destes animais.

Na literatura, os efeitos de biocompostos de plantas sobre as características de carcaça são desconhecidos. Estes efeitos, quando presentes, ocorrem de maneira indireta, ou seja, os biocompostos modulam o processo de fermentação ruminal, resultando em alterações no desempenho produtivo, e consequentemente, nas características de carcaça. Em relação à carne, os biocompostos podem ser incorporados nesta e, devido suas características antioxidantes, podem modificar sua qualidade (Biondi et al., 2019; Orzuna-Orzuna et al., 2021). Além disso, a nível ruminal, estes compostos podem inibir

as bactérias responsáveis pelo processo de biohidrogenação ruminal e com isso, alterar o perfil de ácidos graxos formados no rúmen e depositados na carne (Guerrero et al., 2020).

Desse modo, esse trabalho tem início com uma revisão de literatura (Capítulo I) que teve como objetivo, esclarecer sobre o uso de aditivos naturais como moduladores da fermentação ruminal e sua influência sobre as características de carcaça e qualidade da carne. No Capítulo II, objetivou-se avaliar os efeitos da oleorresina de copaíba e casca seca de barbatimão em associação com dietas contendo diferentes proporções de concentrado, sobre o perfil de ácidos graxos do rúmen em um experimento *in vitro*. No Capítulo III foi estudado os efeitos da oleorresina de copaíba na dieta sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento. A hipótese é que este aditivo atua sobre a fermentação ruminal, podendo substituir a lasalocida sódica na dieta sem causar profundas alterações nas características de carcaça e qualidade da carne. No Capítulo IV, a proposta foi avaliar os possíveis efeitos de aditivos naturais elaborados a partir da casca de barbatimão sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento. Hipotetizou-se que os taninos presentes na casca de barbatimão atuam sobre a fermentação ruminal, alterando indiretamente as características de carcaça e, a qualidade da carne.

CAPÍTULO I

ADITIVOS NATURAIS COMO MODULADORES RUMINAIS E SEUS EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Fermentação ruminal

A produção de ruminantes se destaca frente às demais espécies, pois estes animais além de fornecerem uma maior quantidade de proteína (carne e leite) para a humanidade, possuem ainda a habilidade de aproveitamento de alimentos fibrosos, os quais não são utilizados na dieta de humanos (Eisler et al., 2014; Mottet et al., 2017; Mlambo & Mnisi, 2019). Esta superioridade dos ruminantes é entendida como sendo resultado da relação simbiótica existente entre estes animais e os microrganismos que habitam no rúmen (Castillo-González et al., 2014; Liu et al., 2015). O animal oferece alimento e um ambiente -o rúmen-, enquanto os microrganismos, especialmente as bactérias, fornecem ao animal, ácidos graxos como fonte de energia e proteína microbiana como fonte protéica, além de vitaminas do complexo B e K (Valadares Filho & Pina, 2006; Kozloski, 2009).

O rúmen é considerado um ecossistema diverso e único que contém um grande número de espécies de microrganismos (Krause & Russell, 1996; Kozloski, 2009). Os microrganismos ruminais incluem principalmente as bactérias, protozoários e fungos.

Segundo Kozloski (2009), as bactérias representam a maior parte da biomassa microbiana do rúmen (60 a 90%) e por isso, são as mais ativas durante o processo fermentativo, tornando-as o grupo mais importante do ponto de vista nutricional. De acordo com Nussio et al. (2006), o sucesso das bactérias deve-se à elevada atividade metabólica, diversidade dos nutrientes ingeridos pelo hospedeiro e eficiência enzimática no aproveitamento da energia contida no substrato, garantindo-lhes o máximo rendimento bioquímico mediante o processo fermentativo.

Segundo Owens & Goetsch (1993), a fermentação em ruminantes consiste em uma série de atividades físicas e microbiológicas, que tem como objetivo principal converter os componentes dietéticos a nutrientes (ácidos graxos de cadeia curta, proteína microbiana e vitaminas do complexo B e vitamina K) e outros produtos (metano, dióxido de carbono, amônia, nitrato).

Para que o processo fermentativo ocorra, Valadares Filho & Pina (2006) destacam que é necessário que a população microbiana esteja ativa, e isto depende de diversas características inerentes ao hospedeiro e ambiente ruminal, como suprimento de substrato (alimentos), remoção dos produtos oriundos da fermentação (absorção e eructação), tamponamento via saliva, remoção da porção indigestível do alimento (taxa de passagem), osmolaridade, ausência de oxigênio e temperatura.

Estas características do ambiente ruminal são influenciadas diretamente pela natureza da dieta, que por sua vez afeta a população microbiana e, consequentemente, o processo fermentativo (Valadares Filho & Pina, 2006; Granja-Salcedo et al., 2016).

No rúmen, a osmolaridade situa-se entre 260 e 340 mOsm (Valadares Filho & Pina, 2006). Entretanto, estes valores variam constantemente, sendo que a taxa e a extensão das variações dependem principalmente da natureza e da quantidade de dieta consumida (Bennink et al., 1978). Valadares Filho & Pina (2006) explicam que o fluido ruminal de ruminantes alimentados com dietas ricas em concentrado apresentam osmolaridade elevada (>350 mOsm). Isto se deve à alta produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no rúmen, uma vez que o aumento da concentração destes eleva a osmolaridade ruminal (Bennink et al., 1978). Em situações como esta, a ingestão de alimentos, bem como a motilidade ruminal, a digestão da fibra e a taxa de absorção de AGCCs são afetadas negativamente (Bergman, 1990; Valadares Filho & Pina, 2006).

A composição da dieta altera significativamente o pH do rúmen (Salfer et al., 2018). Em animais alimentados com dietas ricas em concentrado, o pH ruminal é relativamente baixo em comparação ao pH do rúmen de animais alimentados com volumosos, isso porque alimentos concentrados apresentam maiores taxas de fermentação, resultando em maior produção de AGCC, que por sua vez acumulam-se no rúmen e provocam redução no pH (Nagaraja & Lechtenberg, 2007). Valores baixos de pH (<6,2) reduzem a motilidade ruminal e ação de bactérias responsáveis pela degradação da fração fibrosa da dieta (Russel, 1998; Furlan et al., 2006).

Quanto à temperatura no ambiente ruminal, esta oscila entre 38 e 40 °C, faixa considerada ideal para que o processo fermentativo ocorra de maneira eficiente (Öztürk, 2019). Em relação aos microrganismos, de acordo com Valadares Filho & Pina (2006) e Van Soest (1994), a dieta é o principal fator que influencia as suas populações no rúmen e, consequentemente, o processo de fermentação ruminal. Em outras palavras, dietas com altos teores de concentrado favorecem a atividade e o crescimento de microrganismos utilizadores de amido e açúcares, enquanto dietas ricas em volumoso favorecem o aumento da população de microrganismos celulolíticos.

Com a mudança na população de microrganismos no rúmen, há também uma alteração na proporção dos produtos da fermentação ruminal, especialmente dos AGCC. A proporção e o tipo de AGCC produzido durante a fermentação ruminal irá depender do substrato, neste caso, a dieta e da população de bactérias ali presentes. É importante destacar que os AGCC representam a principal fonte de energia para os ruminantes e são

produzidos principalmente através da fermentação de carboidratos oriundos da alimentação (Goularte et al., 2011). No rúmen, os carboidratos são hidrolisados em monossacarídeos, os quais posteriormente são metabolizados em diferentes produtos (Kozloski, 2009).

Dietas ricas em carboidratos não fibrosos resultam em uma maior produção de propionato, pois estas apresentam maiores taxas de fermentação, resultando em uma maior produção de H_2 no rúmen e ainda, estimulam o desenvolvimento de microrganismos especializados em produzir este tipo de AGCC (Kozloski, 2009; Wang et al., 2022). Kozloski (2009) explica que quando há um acúmulo de H_2 no rúmen, o metabolismo microbiano é desviado para a síntese de produtos mais reduzidos, como o propionato.

Por outro lado, dietas ricas em carboidratos fibrosos favorecem a atividade de microrganismos celulolíticos, que por sua vez são especializados em formar acetato e butirato. Além disso, a fermentação ruminal de alimentos volumosos geram uma menor quantidade de H_2 , o que estimula a formação de produtos mais oxidados como o acetato e butirato (Valadares Filho & Pina, 2006; Kozloski, 2009; Wang et al., 2022).

É importante destacar que a influência da dieta não é restrita apenas à concentração de AGCC, mas também à proporção de outros produtos da fermentação ruminal, como o metano. A rota de produção de acetato e butirato pelos microrganismos ruminais contribui significativamente para a geração de H_2 e CO_2 como subprodutos, que por sua vez serão utilizados pelas bactérias metanogênicas para a produção de ATP através da formação de metano no rúmen (Nussio et al., 2006; Kozloski, 2009). O metano produzido durante a fermentação ruminal representa o principal sumidouro de H_2 no rúmen, o que é extremamente importante para a reoxidação do NADH, garantindo assim a fosforilação da glicose durante a via glicolítica. Entretanto, a metanogênese ruminal resulta em 2 a 12% de perdas de energia bruta da dieta e ainda, contribui em 5% nas emissões de gases de efeito estufa (Johnson & Johnson, 1995). Desse modo, dietas que estimulam a produção de acetato e butirato, como alimentos volumosos, resultarão em maior produção de metano a nível ruminal.

Por outro lado, dietas ricas em concentrados reduzem a metanogênese ruminal, pois favorecem a produção de propionato no rúmen. Na rota de produção de propionato há um consumo de H_2 , reduzindo assim a disponibilidade deste para a metanogênese. Assim, quando se eleva a produção de propionato a nível ruminal, têm-se um maior aporte de energia metabolizável para o animal, pois as perdas energéticas durante a

metanogênese são minimizadas. Além disso, o propionato se caracteriza por ser uma importante fonte de glicose para o animal (Danfaer, 1994).

1.2. Manipulação da fermentação ruminal

O processo de fermentação ruminal apesar de complexo, apresenta algumas ineficiências, dentre as quais há de se destacar as perdas energéticas devido à produção entérica de CH_4 e a degradação ruminal de proteína verdadeira (Chalupa, 1977). Para minimizar estas ineficiências, algumas estratégias que visam manipular a fermentação ruminal vêm sendo estudadas.

Tais estratégias buscam maximizar os processos benéficos, minimizar os processos ineficientes e reduzir os processos prejudiciais para o animal hospedeiro (Nagaraja et al., 1997), além de melhorar as características sensoriais dos produtos. De acordo com Nagaraja et al. (1997), o processo fermentativo pode ser modificado em três níveis: animal, dieta e microrganismos. Dentre estes, a manipulação microbiana parece ser a mais vantajosa e indicada. Usualmente, a manipulação microbiana é alcançada por meio da inclusão de aditivos na dieta dos animais (Valadares Filho & Pina, 2006) e, dentre os aditivos usados para este fim, os ionóforos são os mais importantes (Nagaraja et al., 1997).

De acordo com Nagaraja et al. (1997), um total de mais de 120 ionóforos têm sido descritos na literatura, contudo, somente a monensina, lasalocida, salinomicina e laidomicina propionato são aprovadas para uso na alimentação de ruminantes. Os ionóforos constituem uma classe de compostos químicos capazes de formar complexos lipossolúveis com cátions e mediar seu transporte através das membranas biológicas de microrganismos (Pressman, 1976). Normalmente, os efeitos negativos dos ionóforos são mais evidentes em bactérias gram-positivas, onde se incluem algumas celulolíticas, proteolíticas, metanogênicas e produtoras de lactato (Russel, 1987; Chow et al., 1994; Marques & Cooke, 2021).

Diferentemente das bactérias gram-positivas que apresentam apenas uma parede celular simples, as bactérias gram-negativas possuem uma membrana celular externa que funciona como uma barreira natural contra a ação dos ionóforos (Figura 1). De um modo geral, as características das bactérias ruminais favorecem os efeitos dos ionóforos, pois a maior parte -em condições normais- apresenta baixa concentração intracelular de sódio e alta concentração intracelular de potássio (Chow & Russel, 1992). Em contrapartida, o ambiente ruminal contém alta e baixa concentração de sódio e potássio, respectivamente,

além de um pH ligeiramente ácido devido à constante produção de ácidos graxos de cadeia curta (Russel & Strobel, 1989). Dessa maneira, as bactérias do rúmen dependem fortemente deste gradiente elétrico para manter um ambiente intracelular saudável (Marques & Cooke, 2021).

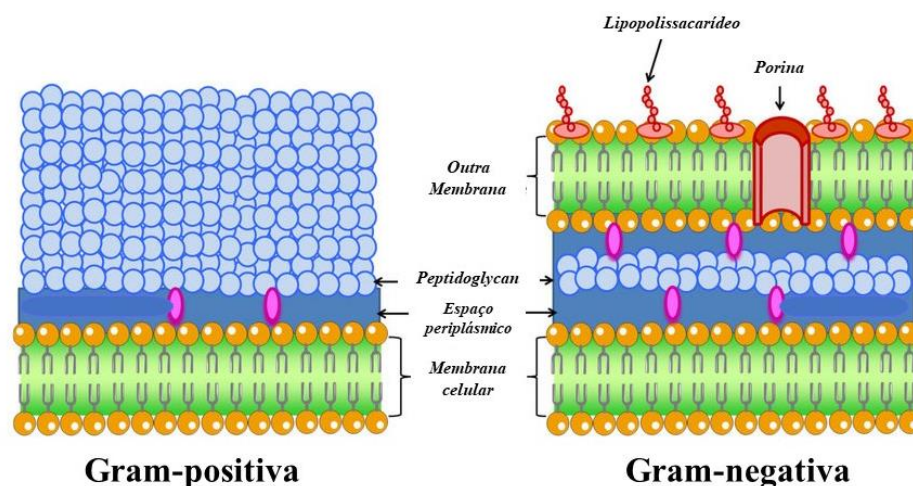


Figura 1: Estrutura de membrana das bactérias gram-positivas e gram-negativa. Fonte: Jiménez-Jiménez et al. (2022).

Quanto ao mecanismo de ação disposto na Figura 2, Russel & Strobel (1989) explicam que devido à natureza lipofílica, os ionóforos são capazes de se aderir à membrana dos microrganismos vulneráveis, diminuindo o potássio intracelular e aumentando a entrada de prótons (H^+) na célula. Esse influxo de prótons provoca redução do pH e favorece a entrada de sódio no meio intracelular através do ionóforo. Para reestabelecer o gradiente eletroquímico, as bactérias ativam os sistemas sódio/potássio e hidrogênio ATPases. Contudo, o gasto energético com estes sistemas é relativamente alto, reduzindo o crescimento e reprodução da bactéria (Bagg, 1997).

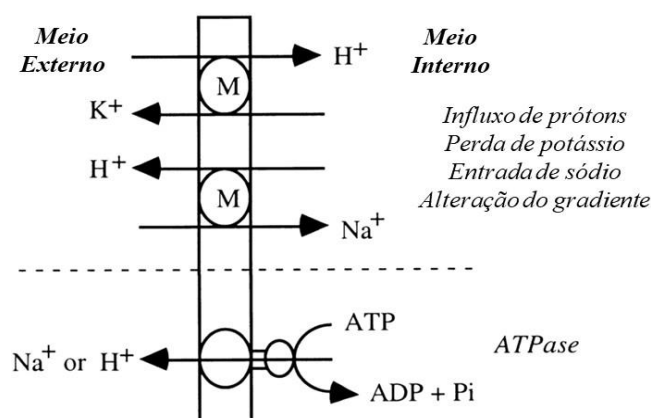


Figura 2: Mecanismo de ação da monensina sobre *Streptococcus bovis*. Fonte: Adaptado de Russel & Mantovani (2002).

As alterações impostas pelos ionóforos a nível ruminal favorecem as populações de bactérias gram-negativas, resultando em melhoria na eficiência de uso da energia dietética, aumento na concentração de propionato, redução nas perdas de energia por meio da metanogênese e menor degradação de proteína verdadeira no rúmen, além de menor incidência de distúrbios metabólicos (Russell, 1987; Russell & Strobel, 1989; Nagaraja et al., 1997).

Em um estudo meta-analítico recente, Ahvanooei et al. (2023) observaram que a inclusão de monensina na alimentação de vacas leiteiras em doses moderadas, resulta em aumento na produção de leite. Semelhantemente, Polizel et al. (2020) constataram melhorias na eficiência de uso da energia da dieta quando adicionaram 8 mg de monensina/kg de matéria seca na dieta de ovinos em terminação. Quanto aos parâmetros ruminais, recentemente Soltan et al. (2021) observaram que a inclusão de monensina no substrato, reduziu a produção de metano e amônia em um ensaio de fermentação ruminal *in vitro*.

Apesar dos benefícios promovidos, o uso de ionóforos na alimentação de ruminantes tornou-se uma preocupação de saúde pública mundial devido à presença de resíduos em produtos e à disseminação de microrganismos resistentes (Millet & Maertens, 2011). Por conta disso, diversas pesquisas foram desenvolvidas com o intuito de desenvolver meios alternativos de substituir os ionóforos na manipulação da fermentação ruminal. Dentre estas alternativas, o uso de aditivos naturais oriundos de plantas merece destaque.

As plantas possuem uma enorme variedade de compostos secundários, os quais fornecem proteção a estas contra ataque microbiano e de insetos (Cowan, 1999). Estes metabólitos secundários podem ser classificados em terpenos, compostos fenólicos e alcaloides (Peres, 2004). Entre estes, os compostos fenólicos são os mais importantes (Burt, 2004).

Devido às suas propriedades antimicrobianas, os compostos secundários de plantas têm sido utilizados para manipular a fermentação ruminal (Greathead, 2003) sem causar resistência microbiana (Acamovic & Brooker, 2005). Conforme Calsamiglia et al. (2007), as bactérias gram-positivas são mais susceptíveis à ação dos bicompostos ativos de plantas, contudo, alguns biocompostos de baixo peso molecular também podem exercer algum efeito contra bactérias gram-negativas.

Dentre os bicompostos ativos mais estudados na nutrição de ruminante, os taninos e os óleos essenciais constituem os mais estudados (Bodas et al., 2012). Os taninos são

divididos em dois grupos: taninos hidrolisáveis (TH) e taninos condensados (TC) (Patra & Saxena, 2010). Na literatura, é bem documentado que os taninos quando incluídos em doses moderadas na alimentação de ruminantes, resultam em melhoria na eficiência alimentar, queda na produção entérica de CH₄ e maior fluxo de aminoácidos para o duodeno (Orlandi et al., 2015; Aboagye et al., 2018; Adejoro et al., 2019; Orzuna-Orzuna et al., 2021). O mecanismo de ação dos taninos no rúmen ainda não está totalmente elucidado, mas é provável que envolva sua integração com as membranas celulares dos microrganismos, diminuindo a disponibilidade de íons essenciais para o metabolismo microbiano (Scalbert, 1992).

Os óleos essenciais são misturas de diversos metabólitos voláteis de plantas, os quais são extraídos por meio de destilação a vapor (Gershenzon & Croteau, 1991). Os biocompostos ativos mais importantes presentes nos óleos essenciais são os terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) e os fenilpropanóides (Calsamiglia et al., 2007). O modo de ação difere para cada óleo essencial (Benchaa & Greathead, 2011), mas, em geral, devido à sua natureza lipofílica, os óleos essenciais têm uma alta afinidade com as membranas celulares microbianas, provocando uma alteração no transporte de íons (elétrons), o que resulta em comprometimento das atividades do metabolismo microbiano. Com base em um estudo meta-analítico, Orzuna-Orzuna et al. (2022) consideraram que a inclusão de óleos essenciais na alimentação de ruminantes melhora o desempenho produtivo devido aos seus efeitos benéficos sobre a fermentação ruminal. Da mesma forma, Calsamiglia et al. (2007) explicam que o fornecimento de extratos de plantas ricos em óleos essenciais inibe a desaminação e metanogênese ruminal, resultando em menor formação de amônia e metano.

Contudo, os efeitos dos biocompostos de plantas como moduladores ruminais ainda são controversos, pois sua ação é dependente de fatores diversos, onde a espécie botânica representa o principal. Além disso, diversos estudos demonstraram que os microrganismos ruminais possuem habilidade de degradar os biocompostos ativos de plantas, comprometendo os seus efeitos sobre a fermentação ruminal (Malecky et al., 2009; Malecky et al., 2012; Pouloupoulou & Hadjigeorgiou, 2021).

1.3. Copaíba

As árvores conhecidas como copaibas (*Copaifera* spp) pertencem à família botânica *Leguminosae* (Yamaguchi & Garcia, 2012). No Brasil, estas árvores estão distribuídas nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica e podem ser

encontradas em quase todos os estados brasileiros. Atualmente, o gênero *Copaifera* abrange mais de 72 espécies mundialmente, sendo que destas, 16 são encontradas exclusivamente no Brasil (Veiga Junior & Pinto, 2002). As copaíbas são caracterizadas como árvores de grande porte, pois podem chegar até 40 m de altura (Figura 4A). O seu tronco é áspero e escuro, e seu diâmetro é em torno de 4 m (Arruda et al., 2019). Popularmente, a copaíba também pode ser conhecida como copaibeira ou pau-de-óleo (Coelho et al., 2022). O nome copaíba deriva-se do termo tupi “cupa-yba”, que significa árvore reservatório ou depósito, o que é uma referência à presença de oleorresina em seu tronco (Arruda et al., 2019).

A retirada da oleorresina de copaíba é feita por meio de orifícios que são abertos no tronco das árvores (Oliveira & Lameira, 2006; Trindade et al., 2018). A composição química da oleorresina de copaíba varia em função de diversos fatores, destacando-se a espécie, época de coleta e características edafoclimáticas da região onde as árvores crescem (Herrero-Jáuregui et al., 2011). As características físicas indicam que a oleorresina de copaíba consiste em um líquido transparente com viscosidade variável (Figura 4B; Trindade et al., 2018).

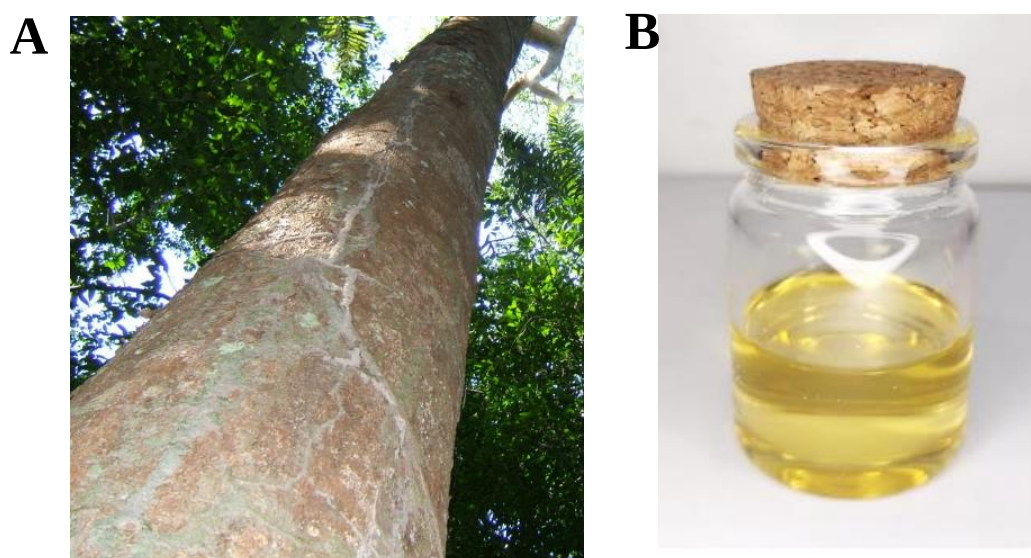


Figura 3: Árvore de copaíba (A) e oleorresina de copaíba (B). Fonte: Coelho et al. (2022).

Dentre as espécies exploradas para a produção de oleorresina, a *Copaifera reticulata* constitui a principal, representando 70% de toda oleorresina produzida mundialmente (Veiga Junior et al., 2007). A oleorresina de copaíba é conhecida como bálsamo da Amazônia, e por isto, é amplamente utilizada na medicina popular (Veiga Junior et al., 2007; Trindade et al., 2018) em razão das suas propriedades anti-

inflamatórias e antimicrobianas (Abrão et al., 2015). Estas propriedades lhes são garantidas devido à presença de biocompostos ativos, destacando-se os sesquiterpenos, os quais podem representar até 80% de sua composição (Cardinelli et al., 2023). Dentre os constituintes sesquiterpênicos, o β -cariofileno é o que se encontra em maior concentração (Leandro et al., 2012).

Estas propriedades presentes na oleorresina de copaíba motivaram a realização de diversos estudos com o intuito de avaliar seus efeitos antimicrobianos. Recentemente, Leite et al. (2023) observou que a oleorresina de copaíba apresenta efeitos inibitórios sobre *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*. Da mesma forma, a oleorresina de copaíba demonstrou atividade antimicrobiana *in vitro* contra espécies de bactérias gram-positivas (Masson, et al., 2013). Corroborando com estes resultados, Abrão et al. (2015) e Rodrigues et al. (2020) concluíram que os efeitos inibitórios da oleorresina de copaíba são mais evidentes em bactérias gram-positivas, o que é decorrente dos biocompostos presentes em sua composição fitoquímica.

O β -cariofileno é comumente apontado na literatura como o principal biocomposto da oleorresina de copaíba (Leandro et al., 2012; Trindade et al., 2018; Rodrigues et al., 2020). Este biocomposto tem ação comprovada contra diversas espécies de bactérias gram-positivas (Dahham et al., 2015; Pieri et al., 2016; Yoo & Jwa, 2018).

Quanto ao potencial de uso da oleorresina de copaíba na nutrição de ruminantes, na literatura são encontrados alguns resultados interessantes. Pantoja (2020) constatou que a oleorresina de copaíba pode substituir a lasalocida sódica em dietas de cordeiros sem afetar o desempenho produtivo e as características de carcaça. Moura et al. (2017) observaram melhorias na eficiência alimentar de cordeiros alimentados com 0,5 g de oleorresina de copaíba/kg de matéria seca em substituição à monensina. Lima et al. (2018) verificaram aumento no consumo de matéria seca e no coeficiente de digestibilidade quando incluíram oleorresina de copaíba em suplementos de bovinos a pasto. Em um ensaio *in vitro*, Lemos et al. (2021) constataram que a oleorresina de copaíba na dosagem de 300 mg/l, reduziu a relação acetato:propionato a nível ruminal.

Estes achados sugerem que a oleorresina de copaíba apresenta potencial de uso como aditivo modulador ruminal, pois os biocompostos presentes em sua composição, apresentam efeitos antimicrobianos comprovados. Além disso, o β -cariofileno presente em alta concentração na oleorresina tem demonstrado baixa taxa de degradação a nível ruminal (Poulopoulou & Hadjigeorgiou, 2021).

1.4. Barbatimão

O barbatimão (*Stryphnodendron* spp) é uma planta que pertence à família *Leguminosae-Mimosoidae*, e é típica do cerrado brasileiro, sendo encontrada principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Piauí e Maranhão (Borges-Filho & Felfili, 2002; Vasconcelos et al., 2004). Dentre as 48 espécies conhecidas como barbatimão, *Stryphnodendron adstringens*, *Stryphnodendron obovatum*, *Stryphnodendron polyphyllum*, *Stryphnodendron coriaceum* e *Stryphnodendron rotundifolium* são as principais (Occhioni, 1990).

O barbatimão é uma árvore hermafrodita de copa alongada, que possui uma altura média de 4 a 5 m e um tronco cascudo e tortuoso (Figura 3A). Os frutos são vagens cilíndricas com grande número de sementes de cor parda. Popularmente, o barbatimão também pode ser conhecido como: barbatimão, abaramotemo, barbatimão-verdadeiro, barba-de-timan, barba-de-timão, barbatimão-vermelho, casca-damocidade, casca-da-virgindade, iba-timão, ibatimô, paricarana, uabatimô, ubatima, ubatimô, chorãozinho-roxo, paricana, verna e piçarana (Lorenzi & Matos, 2002).

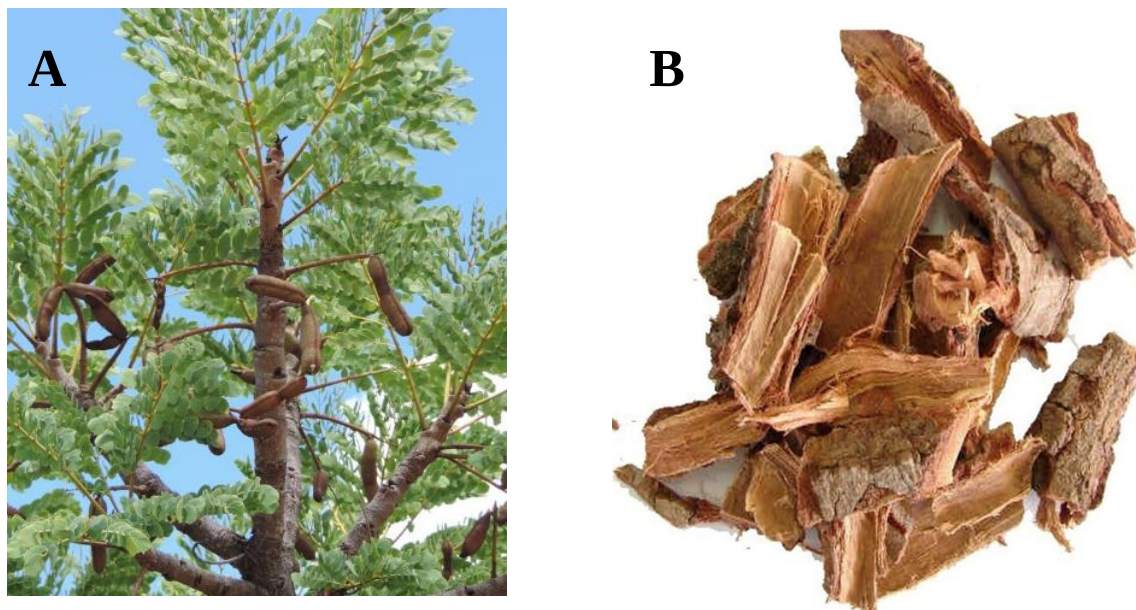


Figura 4: Árvore do barbatimão (A) e casca do caule de barbatimão (B). Fonte: Flora do Brasil.

O barbatimão tem grande importância no cenário extrativista brasileiro, pois além de fornecer madeira para a construção civil (Almeida et al., 1998), é amplamente utilizado na medicina popular (Lorenzi & Matos, 2002). De acordo com Camargo (1985) e Lorenzi & Matos (2002), o barbatimão apresenta diversas propriedades fitoterápicas, justificando o seu uso como cicatrizante, adstringente, antioxidante, antiinflamatório e

antiséptico. Segundo Freitas & Fernandes (2006), o barbatimão também é utilizado no tratamento de hemorroida, dor de barriga, ameba e corrimento.

Recentemente, um estudo demonstrou que o barbatimão também pode ser empregado no curtimento artesanal do couro devido às suas propriedades adstringentes (Pereira, 2018). Essas características do barbatimão lhes são garantidas pela presença de alguns constituintes químicos em sua composição, destacando-se os alcaloides, terpenos e taninos (Vasconcelos et al., 2004). Dentre estes, os taninos são os mais importantes, pois encontram-se em alta concentração no barbatimão, especialmente na casca do caule (25-37%; Almeida et al., 2017). Por conta da riqueza em taninos, a casca do caule (Figura 3B) constitui a principal parte da planta (Souza-Moreira et al., 2018).

O percentual de taninos na casca do caule do barbatimão é afetado por diversos fatores, destacando-se a espécie e as condições edafoclimáticas. Jacobson et al. (2005) verificaram que a época chuvosa e a baixa fertilidade do solo resultaram em maior concentração de taninos em duas espécies estudadas (*Stryphnodendron polyphyllum* e *Stryphnodendron adstringens*). Segundo Santos et al. (2000), isto é explicado devido ao aumento de microorganismos e patógenos fitófagos nessas condições, exigindo das plantas uma maior produção de metabólitos secundários como agentes de defesas.

O barbatimão tem sido amplamente utilizado como fonte de taninos no controle de diversos microrganismos, sendo que seus efeitos parecem ser mais notórios em bactérias gram-positivas (Souza-Moreira et al., 2018). Soares et al. (2015) constataram que o extrato hidroalcólico bruto da casca de barbatimão possui atividade antimicrobiana sobre bactérias gram-positivas causadoras da cárie dental.

Resultados semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2008), os quais observaram ação antibacteriana do extrato bruto de barbatimão sobre cepas de bactérias gram-positivas. Em outro estudo, Ferreira et al. (2009) também constataram ação antimicrobiana do extrato hidroalcólico de barbatimão contra bactérias gram-positivas. Em relação a bactérias gram-negativas, a literatura tem demonstrado que os taninos presentes no barbatimão possuem efeitos controversos contra estes microrganismos (Bardal, 2011; Pinho et al., 2012; Alves et al., 2016; Vu et al., 2017; Villanueva et al., 2023). Alguns estudos publicados têm demonstrado que o barbatimão também tem ação antifúngica confirmada (Ishida et al., 2006; Silva et al., 2009).

De acordo com Souza-Moreira (2018), os efeitos antimicrobianos do barbatimão se devem ao teor de taninos em sua composição. Segundo Scalbert (1991) os taninos atuam inibindo enzimas microbianas, reduzindo a disponibilidade de elementos

essenciais aos microrganismos e inibindo a fosforilação oxidativa devido à propriedade antioxidante.

Apesar de seus efeitos antimicrobianos, são poucos os trabalhos que avaliaram a utilização do barbatimão como potencial aditivo na nutrição de ruminantes. Barbosa et al. (2023) conduziram um estudo para avaliar o efeito da substituição do ionóforo lasalocida sódica por casca seca e extrato hidroalcóolico de barbatimão na dieta de cordeiros em terminação. Os autores observaram que o desempenho, bem como o consumo de nutrientes não foi impactado. Contudo, os aditivos oriundos da casca de barbatimão reduziram o teor de colesterol e o extrato hidroalcóolico melhorou a cor da carne. Em um estudo com vacas leiteiras, Jesus (2015) não observou alterações na produção de leite, consumo e digestibilidade quando substituiu a monensina por extrato seco de barbatimão na dieta. Semelhantemente, Moreira (2018) verificou que o extrato seco da casca de barbatimão pode substituir a monensina na dieta de bovinos de corte, sem alterar as características de carcaça. Em um experimento *in vitro*, Lemos et al. (2021) constataram que a inclusão de 3000 mg/l de extrato seco da casca de barbatimão aumentou a produção ruminal de propionato. Isto sugere que a casca de barbatimão beneficia as bactérias gram-negativas do rúmen, uma vez que estas são as responsáveis pela produção de propionato.

1.5. Efeito dos biocompostos de plantas sobre as características de carcaça e qualidade da carne

Na literatura são incipientes os trabalhos que constataram efeitos diretos dos biocompostos de plantas sobre as características de carcaça. Geralmente, as características de carcaça são influenciadas pelo sexo, idade, raça, peso corporal e nutrição (Cezar & Sousa, 2007). Quanto à nutrição, o tipo de dieta, isto é, relação volumoso:concentrado, é ainda o principal responsável por promover alterações nos parâmetros inerentes à carcaça.

Contudo, quando a inclusão de biocompostos de plantas altera o desempenho animal, as características de carcaça podem ser influenciadas. Moura et al. (2017) observaram aumento no rendimento do pernil e espessura de gordura subcutânea de carcaças de cordeiros alimentados com 0,5 e 1,0 g oleorresina de copaíba. Neste estudo, os autores notaram alterações na eficiência alimentar em razão da inclusão de oleorresina de copaíba. Ao estudarem os efeitos de óleos essenciais dos frutos da aroeira, Bertoloni et al. (2019) não constataram mudanças nas características de carcaça de cordeiros

terminados em confinamento. Segundo os autores, a falta de efeito nas características da carcaça pode ser justificada pelo desempenho animal semelhante entre os tratamentos, o que resultou em peso de abate similar. Barbosa et al. (2023) não notaram alterações no desempenho produtivo de cordeiros alimentados com aditivos oriundos da casca de barbatimão, e devido a isto, as características de carcaça também não foram influenciadas. Em outro estudo, Chaves et al. (2008) não observaram efeitos de biocompostos ativos de plantas (cinamaldeído e óleos essenciais) sobre o desempenho e características de carcaça. Em bovinos de corte, Pukrop et al. (2019) constataram que a inclusão de um blend comercial de óleos essenciais não exerceram efeitos sobre o desempenho e características de carcaça.

Quanto à qualidade da carne, os biocompostos de plantas podem afetar diretamente estes parâmetros devido às suas propriedades antioxidantes e incorporação nos tecidos de animais alimentados com estes compostos (Álvarez-Rodrigues et al., 2022). Recentemente, Smeti et al. (2020) detectaram melhorias no status oxidativo da carne de caprinos alimentados com óleos essenciais de murta-comum. Semelhantemente, Simitzis et al. (2008) relataram que a inclusão de óleos essenciais do orégano na dieta retardaram a oxidação lipídica da carne de cordeiros. Monteschio et al. (2017) constataram que um blend de óleo essencial na dieta de novilhas terminadas em confinamento diminuiu a suscetibilidade da carne à oxidação e melhorou a qualidade do produto final. Orzuna-Orzuna et al. (2021) conduziram um estudo meta-analítico a fim de determinar a influência de taninos sobre a composição da carne de ovinos. Segundo os autores, os taninos reduzem a oxidação lipídica da carne e aumentam o seu tempo de prateleira.

As características físicas da carne, como capacidade de retenção de água, perdas por cozimento e força de cisalhamento normalmente são afetadas pelo pH da carne. Estudos publicados anteriormente demonstraram que a presença de biocompostos de plantas não exercem efeitos diretos sobre o pH da carne, indicando que as características físicas também não são influenciadas (Rivaroli et al., 2016; Monteschio et al., 2017; Smeti et al., 2018; Parvar et al., 2018).

Variações nos parâmetros relacionados à cor da carne em razão da presença de biocompostos ativos de plantas na dieta têm sido reportadas com frequência na literatura (Simitzis et al., 2008; Nieto et al., 2010; Shaaban et al., 2021; Barbosa et al., 2023). Quanto à composição nutricional da carne, a inclusão de óleos essenciais e taninos aparenta não influenciar nestes atributos (Orzuna-Orzuna et al., 2021; Orzuna-Orzuna et

al., 2022). Entretanto, Shaaban et al. (2021) relataram redução no teor de proteína da carne de cordeiros alimentados com tomilho e aipo.

Normalmente, o perfil de ácidos graxos da carne é alterado pela presença de biocompostos ativos de plantas na dieta. É importante destacar que os biocompostos exercem efeito direto sobre o processo de biohidrogenação ruminal devido a sua ação antimicrobiana contra bactérias gram-positivas, as quais são essenciais durante as etapas deste processo (Vasta et al., 2019; Guerrero et al., 2020). As modificações na biohidrogenação ruminal modificam a proporção de ácidos graxos no rúmen, refletindo em mudanças no perfil de ácidos graxos dos produtos (Guerrero et al., 2020). Parvar et al. (2018) notaram que a carne de cordeiros alimentados com óleo essencial de ferulago apresentaram maior e menor concentração de ácidos graxos polinsaturados e saturados, respectivamente. Este resultado indicou que a biohidrogenação ruminal foi afetada negativamente pela presença deste óleo essencial, sugerindo seus efeitos antimicrobianos no rúmen.

A menor proporção de ácidos graxos saturados na carne tem grande importância, isto porque o consumo de ácidos graxos saturados, principalmente aqueles que possuem de 8 a 16 átomos de carbono, resulta em hipercolesterolemia, obesidade e aumento da concentração sérica de lipoproteínas de baixa densidade, as quais estão associadas ao aparecimento de doenças cardiovasculares (Grundy, 2013; Mora et al., 2016).

REFERÊNCIAS

- ABOAGYE, I. A.; OBA, M.; CASTILLO, A. R.; KOENIG, K. M.; IWAASA, A. D.; BEAUCHEMIN, K. A. (2018). Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 5276-5286.
- ABRÃO, F.; ARAÚJO COSTA, L. D.; ALVES, J. M.; SENEDESE, J. M.; CASTRO, P. T.; AMBRÓSIO, S. R.; VENEZIANI, R. C.; BASTOS, J. K.; TAVARES, D. C.; MARTINS, C. H. (2015). *Copaifera langsdorffii* oleoresin and its isolated compounds: antibacterial effect and antiproliferative activity in cancer cell lines. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 21, p. 443.
- ACAMOVIC, T.; BROOKER, J. D. (2005). Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 64, p. 403-412.
- ADEJORO, F. A.; HASSEN, A.; AKANMU, A. M. (2019). Effect of lipid-encapsulated acacia tannin extract on feed intake, nutrient digestibility and methane emission in sheep. **Animals**, v. 9, p. 863.

- AHVANOUEI, R. M. R.; NOROUZIAN, M. A.; PIRAY, A. H.; GHAFARI, M. H. (2023). Effects of monensin supplementation on lactation performance of dairy cows: a systematic review and dose-response meta-analysis. **Science Reports**, v. 13, p. 568.
- ALMEIDA, S. P.; SANO, S. M. (Eds). **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Brasília: EMPRAPA Cerrado, 1998. p. 347- 351.
- ALMEIDA, A. C.; ANDRADE, V. A.; FONSECA, F. S.; MACÊDO, A. A.; SANTOS, R. L.; COLEN, K. G.; MARCELO, N. A. (2017). Acute and chronic toxicity and antimicrobial activity of the extract of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, p. 840-846.
- ALVAREZ RODRÍGUEZ, J.; URRUTIA, O.; LOBON, S.; RIPOLL, G.; BERTOLÍN, J. R.; JOY, M. (2022). Insights into the role of major bioactive dietary nutrients in lamb meat quality: A review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 13, p. 1-16.
- ALVES, J. E.; SOUZA, T. A.; LACERDA, G. A.; PRINCE, P. M. A. (2016). Atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) e barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville). **Revista Bionorte**, v. 5.
- ARRUDA, C.; MEJÍA, J. A. A.; RIBEIRO, V. P.; BORGES, C. H. G.; MARTINS, C. H. G.; VENEZIANI, R. C. S.; BASTOS, J. K. (2019). Occurrence, chemical composition, biological activities and analytical methods on *Copaifera* genus-A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 109, p. 1-20.
- BAGG, R. **Mode of action of ionophores in lactating dairy cattle. Usefulness of ionophores in lactating dairy cattle**. Guelph: Ontario Veterinary College, 1997. p.13-21.
- BARBOSA, C. R.; PANTOJA, J. C.; FERNANDES, T.; CHAGAS, R. A.; SOUZA, C. G.; SANTOS, A. R.; SOUZA, M. R.; VARGAS JUNIOR, F. M. (2023). Bioactive Compounds of Barbatimão (*Stryphnodendron* sp.) as Dietary Additive in Lamb Diets. **Agriculture**, v. 13, p. 664.
- BARDAL, D. (2011). Atividade antimicrobiana de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Martius) Coville em agentes causadores da mastite. Dissertação (**Mestrado em Ciências Agrárias**). Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros – MG, 180f.
- BENNINK, M. R.; TYLER, T. R.; WARD, G. M.; JOHNSON, D. E. (1978). Ionic milieu of bovine and ovine rumen as affected by diet. **Journal of Dairy Science**, v. 61, p. 315-323.
- BENCHAAAR, C; GREATHEAD, H. (2011) Essential Oils and Opportunities to Mitigate Enteric Methane Emissions from Ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 338-355.
- BERGMAN, E.N. (1990) Energy Contributions of Volatile Fatty Acids from the Gastrointestinal Tract in Various Species. **Physiological Reviews**, v. 70, p. 567-590.

- BERTOLONI, A. V.; POLIZEL, D. M.; JÚNIOR, M. V. D. C. F.; MISZURA, A. A.; BARROSO, J. P. R.; MARTINS, A. S.; PIRES, A. V. (2019). Brazilian red pepper fruit essential oil (*Schinus terebinthifolius*) may replace monensin in high concentrate diets for feedlot lambs. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 56.
- BODAS, R.; PRIETO, N.; GARCÍA GONZÁLEZ, R.; ANDRÉS, S., GIRÁLDEZ, F. J.; LÓPEZ, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, p. 78-93.
- BORGES FILHO, H. C.; FELFILI, J. M. (2003). Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. **Revista Árvore**, v. 27, p. 735-745.
- BURT S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food and Microbiology**, v. 94, p. 223-53.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P. W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 2580-2595.
- CAMARGO, M. T. L. A. **Medicina popular**. São Paulo, Ed. Almed, 1985.
- CARDINELLI, C. C.; SILVA, J. E. A. E.; RIBEIRO, R.; VEIGA JUNIOR, V. F.; SANTOS, E. P. D.; FREITAS, Z. M. F. (2023). Toxicological Effects of Copaiba Oil (*Copaifera* spp.) and Its Active Components. **Plants**, v. 12, p. 1054.
- CASTILLO-GONZÁLEZ, A. R.; BURROLA-BARRAZA, M. E.; DOMÍNGUEZ-VIVEROS, J.; CHÁVEZ-MARTÍNEZ, A. (2014). Rumen microorganisms and fermentation. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v. 46, p. 349-361.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. **Carcças Ovinas e Caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba, MG: Agropecuária Tropical, 2007. 147p.
- CHALUPA, W. (1977). Manipulating Rumen Fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 45, p. 585-599.
- CHAVES, A. V.; STANFORD, K.; DUGAN, M. E. R.; GIBSON, L. L.; MCALLISTER, T. A.; VAN HERK, F.; BENCHAAAR, C. (2008). Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. **Livestock Science**, v. 117, p. 215-224.
- CHOW, J. M.; RUSSELL, I. B. (1992) Effect of pH and monensin on glucose transport by *Fibzobacter succinogenes*, a cellulolytic ruminai bacterium. **Applied Environmental Microbiology**, v. 58, p. 1115-1120.
- CHOW, J. M.; VAN KESSEL, J. A. S.; RUSSELL, J. B. (1994). Binding of radiolabeled monensin and lasalocid to ruminal microorganisms and feed. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 1630-1635.

COELHO, G. D. J.; CASTILLO VARGAS, J. A.; COSTA DE ARAÚJO, T.; PEREIRA MACIEL, R.; SOUZA ALVES, K.; IRIS GOMES, D.; MEZZOMO, R. (2022). Perspectives on the use of extracts from Amazonian plants and fruits (açai, copaiba, salvado-marajo, pupunha and bacuri) as potential modulators of ruminal fermentation: a brief overview. **CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v. 17, p. 36-62.

COWAN, M. M. (1999). Plants Products as antimicrobial agents. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 12, p. 564-582.

DAHAM, S. S.; TABANA, Y. M.; IQBAL, M. A.; AHAMED, M. B.; EZZAT, M. O.; MAJID, A. S.; MAJID, A. M. (2015). The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene β -caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*. **Molecules**, v. 20, p. 11808-11829.

EISLER, M. C.; LEE M. R. F.; TARLTON, J. F.; MARTIN, G. B.; BEDDINGTON, J.; DUNGAIT, J. A. J.; GREATHEAD, H.; LIU, J.; MATHEW, S.; MILLER, H. (2014). Agriculture: Steps to sustainable livestock. **Nature**, v. 507, p. 32-34.

FERREIRA, S. B.; PALMEIRA, J. D.; SOUZA, J. H.; ALMEIDA, J. M.; FIGUEIREDO, M. C. P.; PEQUENO, A. S. (2009). Avaliação da atividade antimicrobiana *in vitro* do extrato hidroalcoólico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville sobre isolados ambulatoriais de *Staphylococcus aureus*. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 42, p. 27-31.

FLORA DO BRASIL. *Stryphnodendron* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB23174>>. Acesso em: 16 jul. 2023

FREITAS, J. C. I.; FERNANDES, M. E. B. **Uso de plantas medicinais pela comunidade de Enfarrusca, Bragança, Pará**. Boletim Museu Emílio Goeldi, 2006.

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. **Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal**. In: BERCHIELLE, T. T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. (1991) **Terpenoids**. In: Rosenthal, G.A. and Berenbaum, M.R., Eds., Herbivores: Their Interactions with Secondary Plant Metabolites, 2nd Edition, Academic Press, Orlando, Florida, 165-219.

GOULARTE, S. R.; ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G. T.; ÍTAVO, C. C. B. F.; OLIVEIRA, L. C. S.; FAVARO, S. P.; DIAS, A. M.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; BITTAR, C. M. M. (2011). Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 63, p. 1479-1486.

GRANJA-SALCEDO, Y. T.; RIBEIRO-JÚNIOR, C. S.; JESUS, R. B.; GOMEZ-INSUASTI, A. S.; RIVERA, A. R.; MESSANA, J. D. (2016). Effect of different levels of concentrate on ruminal microorganisms and rumen fermentation in Nellore steers. **Archives of Animal Nutrition**, v. 70, p. 17-32.

GRUNDY, S. M. **Cholesterol: Factors Determining Blood Levels**. In: Benjamin Caballero, editor (s). Encyclopedia of Human Nutrition. 3rd ed. Academic Press; 2013. p. 335-340.

GREATHEAD, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, p. 279-90.

GUERRERO, O. ALVES, S. P.; SOLDADO, D.; CACHUCHO, L.; ALMEIDA, J. M.; FRANCISCO, A.; SANTOS-SILVA, J.; BESSA R. J. B.; JERÓNIMO, E. (2020). Inclusion of the aerial part and condensed tannin extract from *Cistus ladanifer* L. in lamb diets - Effects on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat. **Meat Science**, v. 160, p. 107945.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; CASADO, M.A.; ZOGHBI, M. G. B.; MARTINS-DASILVA, R. C. (2011). Chemical variability of *Copaifera reticulata* Ducke oleoresin. **Chemistry and Biodiversity**, v. 8, p. 674-685.

ISHIDA, K.; MELLO, J. C. P.; CORTEZ, D. A. G.; FILHO, B. P. D.; UEDA-NAKAMURA, T.; NAKAMURA, C. V. (2006). Influence of tannins from *Stryphnodendron adstringens* on growth and virulence factors of *Candida albicans*. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 58, p. 942-949.

JACOBSON, T. K. B.; GARCIA, J.; COSTA SANTOS, S.; DUARTE, J. B.; FARIAS, J. G.; KLIEMANN, H. J. (2005). Influência de fatores edáficos na produção de fenóis totais e taninos de duas espécies de barbatimão (*Stryphnodendron* sp.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p. 163-169.

JESUS, F. D. D. (2015). Uso do extrato seco de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e óleo bruto de sucupira (*Pterodon emarginatus*) e monensina na dieta de vacas leiteiras. Dissertação (**Mestrado em Zootecnia**) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, 49f.

JIMÉNEZ-JIMÉNEZ, C.; MORENO, V. M.; VALLET-REGÍ, M. (2022). Bacteria-Assisted Transport of Nanomaterials to Improve Drug Delivery in Cancer Therapy. **Nanomaterials**, v. 12, p. 288.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. (1995) Methane Emissions from Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2483-2492.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2009. 214 pp.

KRAUSE, D. O.; RUSSELL, J. B. (1996). An rRNA approach for assessing the role of obligate amino acid-fermenting bacteria in ruminal amino acid degradation. **Applied Environmental Microbiology**, v. 62, p. 815-821.

LEANDRO, L. M.; VARGAS, F. S.; BARBOSA, P. C. S.; NEVES, J. K. O.; SILVA, J. A.; VEIGA-JUNIOR, V. F. (2012). Chemistry and Biological Activities of Terpenoids from Copaiba (*Copaifera* spp.) Oleoresins. **Molecules**, v. 17, p. 3866-3889.

LEITE, V. V.; JANUÁRIO, L. H.; BORGES, E. L.; RUAS, C. M. (2023). Cicatrização de feridas crônicas tratadas com oleorresina de copaíba. **Revista De Enfermagem**, v. 6, p. 1-10.

LEMO, B. J. M.; SOUZA, F. M.; ARNHOLD, E.; CONCEIÇÃO, E. C.; COUTO, V. R. M.; FERNANDES, J. J. R. (2021). Effects of plant extracts from *Stryphnodendron adstringens* (mart.) coville, *Lafoensia pacari* a. st.-hil, *copaifera* spp., and *Pterodon emarginatus* Vogel on *in vitro* rumen fermentation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, p. 639-652.

LIMA, F. E. O. D.; GOES, R. H. D. T.; GANDRA, J. R.; PENHA, D. D. S.; OLIVEIRA, R. T. D.; GRESSLER, M. G. D. M.; SILVA, N. G. (2018). Inclusion of copaiba oil (*Copaifera* sp.) as additive in supplements for cattle on pasture. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, p. 178-192.

LIU, K.; ZHANG, Y.; YU, Z.; XU, Q.; ZHENG, N.; ZHAO, S.; HUANG, G.; WANG, J. (2021). Ruminant microbiota-host interaction and its effect on nutrient metabolism. **Animal Nutrition**, v. 7, p. 49-55.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Plantarum, Nova Odessa. 2002. 512p.

MALECKY, M.; BROUDISCOU, L. P.; SCHMIDELY, P. (2009). Effects of two levels of monoterpene blend on rumen fermentation, terpene and nutrient flows in the duodenum and milk production in dairy goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, p. 24-35.

MALECKY, M.; ALBARELLO, H.; BROUDISCOU, L. P. (2012). Degradation of terpenes and terpenoids from Mediterranean rangelands by mixed rumen bacteria *in vitro*. **Animal**, v. 6, p. 612-616.

MARQUES, R. D. S.; COOKE, R. F. (2021). Effects of Ionophores on Ruminant Function of Beef Cattle. **Animals**, v. 11, p. 2871.

MASSON, D. S.; SALVADOR, S. L.; POLIZELLO, A. C. M.; FRADE, M. A. C. (2013). Atividade antimicrobiana do óleo-resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) em bactérias de significância clínica em úlceras cutâneas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 664-669.

SILVA, F. M.; PAULA, J. E.; ESPINDOLA, L. S. (2009). Evaluation of the antifungal potential of Brazilian Cerrado medicinal plants. **Mycoses**, v. 52, p. 511-517.

MILLET, S.; MAERTENS, L. (2011). The European ban on antibiotic growth promoters in animal feed: from challenges to opportunities. **Veterinary Journal**, v. 187, p. 143-144.

MLAMBO, V.; MNISI, C. M. (2019). Optimizing ruminant production systems for sustainable intensification, human health, food security and environmental stewardship. **Outlook Agriculture**, v. 48, p. 85-93.

- MONTESCHIO, J. O.; SOUZA, K. A.; VITAL, A. C. P.; GUERRERO, A.; VALERO, M. V.; KEMPINSKI, E. M. B. C.; BARCELOS, V. C.; NASCIMENTO, K. F.; PRADO, I. N. (2017). Clove and rosemary essential oils and encapsuled active principles (eugenol, thymol and vanillin blend) on meat quality of feedlot-finished heifers. **Meat Science**, v. 130, p. 50-57.
- MORA, N. H. A. P.; MACEDO, F. A. F.; FEIHRMANN, A. C.; POSSAMAI, A. P. S.; TORRES, M. G. MEXIA, A. A. (2016). Lipid composition and sensory traits of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thickness. **Acta Science Technology**, v. 38, p. 145-151.
- MORAIS, J.A.S; BERCHIELLI, T.T; REIS, R.A. **Aditivos**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal:Funep, 2006. 583p.
- MOREIRA, K. K. G. (2018). Aditivos fitogênicos na terminação de tourinhos nelore confinados. Tese (**Doutorado em Zootecnia**). Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, 57f.
- MOTTET, A.; HAAN, C.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; OPIO, C.; GERBER, P. (2017). Livestock: on our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. **Global Food Security**, v. 14, p. 1-8.
- MOURA, L. V.; OLIVEIRA, E. R.; FERNANDES, A. R. M.; GABRIEL, A. M. A.; SILVA, L. H. X.; TAKIYA, C. S.; GANDRA, J. R. (2017). Feed efficiency and carcass traits of feedlot lambs supplemented either monensin or increasing doses of copaiba (*Copaifera* spp.) essential oil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 232, p. 110-118.
- NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. (1997). Manipulation of ruminal fermentation. **The rumen microbial ecosystem**, 523-632.
- NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. (2007). Acidosis in feedlot cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 23, p. 333-50.
- NIETO, G.; DÍAZ, P.; BAÑÓN, S.; GARRIDO, M. D. (2010). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. **Meat science**, v. 84, p. 23-29.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). Nutrição de ruminantes. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.
- OCCHIONI, E. M. L. (1990). Considerações taxonômicas no gênero *Stryphnodendron* Mart. (leguminosa e mimosoideae) e distribuição geográfica das espécies. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, p.153-158.
- OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A. (2006). Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju - PA. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, p.14-23.

ORLANDI, T.; KOZLOSKI, G. V.; ALVES, T. P.; MESQUITA, F. R.; ÁVILA, S. C. (2015). Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 37-45.

ORZUNA-ORZUNA, J. F.; DORANTES-ITURBIDE, G.; LARA-BUENO, A.; MENDOZA-MARTÍNEZ, G. D.; MIRANDA-ROMERO, L. A.; LEE-RANGEL, H. A. (2021). Growth Performance, Meat Quality and Antioxidant Status of Sheep Supplemented with Tannins: A Meta-Analysis. **Animals**, v. 11, p. 3184.

ORZUNA-ORZUNA, J. F.; DORANTES-ITURBIDE, G.; LARA-BUENO, A.; MIRANDA-ROMERO, L. A.; MENDOZA-MARTÍNEZ, G. D.; SANTIAGO-FIGUEROA, I. (2022). A Meta-Analysis of Essential Oils Use for Beef Cattle Feed: Rumen Fermentation, Blood Metabolites, Meat Quality, Performance and, Environmental and Economic Impact. **Fermentation**, v. 8, p. 254.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. **Fermentación ruminal**. In: CHURCH, D. C. El ruminante, fisiología digestiva y nutrición: Zaragoza: Acríbia, 1993. p.159-190.

ÖZTÜRK, H. (2019): **Veteriner fizyoloji**. Ankara Nobel Tıp Kitabevleri, Ankara.

PANTOJA, J. C. (2021). Oleorresina da copaíba como aditivo em dietas de alto concentrado na terminação de cordeiros. Dissertação (**Mestrado em Zootecnia**). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS. 60f.

PARVAR, R.; GHORCHI, T.; KASHFI, H.; PARVAR, K. (2018). Effect of *Ferulago angulata* (Chavil) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. **Small Ruminant Research**, v. 167, p. 48-54.

PATRA, A. K.; SAXENA, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, v. 71, p. 1198-1222.

PEREIRA, I. G. C. (2018). Curtimento artesanal da pele de Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Trabalho de Conclusão de Curso (**Engenharia de Pesca**). Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca - AL. 59f.

PERES, L. E. P. **Metabolismo Secundário**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.

PIERI, F. A.; SOUZA, M. C. D. C.; VERMELHO, L. L. R.; VERMELHO, M. L. R.; PERCIANO, P. G.; VARGAS, F. S.; MOREIRA, M. A. S. (2016). Use of β -caryophyllene to combat bacterial dental plaque formation in dogs. **BMC Veterinary Research**, v. 12, p. 1-8.

PINHO, L.; SOUZA, P. N. S.; SOBRINHO, E. M.; ALMEIDA, A. C.; MARTINS, E. R. (2012). Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoolicos das folhas de alecrim-pimenta, aroeira, barbatimão, erva baleeira e do farelo da casca de pequi. **Ciência Rural**, v. 42, p. 326-31.

POLIZEL, D. M.; MARTINS, A. S.; MISZURA, A. A.; FERRAZ JÚNIOR, M. V. D. C.; BERTOLONI, A. V.; OLIVEIRA, G. B.; PIRES, A. V. (2020). Low doses of monensin for lambs fed diets containing high level of ground flint corn. **Scientia Agricola**, v. 78.

POULOPOULOU, I.; HADJIGEORGIOU, I. (2021). Evaluation of Terpenes' Degradation Rates by Rumen Fluid of Adapted and Non-adapted Animals. **Natural Products and Bioprospecting**, v. 11, p. 307-313.

PRESSMAN, B. C. (1976). Biological application of ionophores. **Annual Review of Biochemistry**, v. 45, p. 501-530.

PUKROP, J. R.; CAMPBELL, B. T.; SCHOONMAKER, J. P. (2019). Effect of essential oils on performance, liver abscesses, carcass characteristics and meat quality in feedlot steers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 257, p. 114296.

RIVAROLI, D. C.; GUERRERO, A.; VELANDIA VALERO, M.; ZAWADZKI, F.; EIRAS, C. E.; CAMPO, M. D. M.; PRADO, I. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. **Meat Science**, v. 121, p. 278-284.

RODRIGUES, G. D. M.; FILGUEIRAS, C. T.; GARCIA, V. A. D. S.; CARVALHO, R. A. D.; VELASCO, J. I.; FAKHOURI, F. M. (2020). Antimicrobial activity and gc-ms profile of copaiba oil for incorporation into xanthosoma mafaffa schott starch-based films. **Polymers**, v. 12, p. 2883.

RUSSELL, J. B. A. (1987). Proposed Mechanism of Monensin Action in Inhibiting Ruminant Bacterial Growth: Effects on Ion Flux and Protonmotive Force. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1519-1525.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. (1989). Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied Environmental of Microbiology**, v. 55, p. 1-6.

RUSSELL, J. B. (1998). The Importance of pH in the Regulation of Ruminal Acetate to Propionate Ratio and Methane Production *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p. 3222-3230.

RUSSELL, J. B.; MANTOVANI, H. C. (2002). The bacteriocins of ruminal bacteria and their potential as an alternative to antibiotics. *Journal of Molecule, Microbiology and Biotechnology*, v. 4, p. 347-55.

SALFER, I. J.; MORELLI, M. C.; YING, Y.; ALLEN, M. S.; HARVATINE, K. J. (2018). The effects of source and concentration of dietary fiber, starch, and fatty acids on the daily patterns of feed intake, rumination, and rumen pH in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 10911-10921.

SANTOS, S. C.; BATISTA, F.; SANTOS, R. L.; COSTA, F. W.; FERRI, P. H.; FERREIRA, D. H.; SERAPHIN, J. C. (2000). Seasonal variations in tannins of *Stryphnodendron adstringens* and *S. polyphyllum*. In IUPAC – International Symposium on the Chemistry of Natural Products, 22. UFSCar, São Carlos. set., 2000. Available on: <<http://www.dq.ufscar.br/IUPAC/poster/tuesday.html>>.

SCALBERT, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. **Phytochemistry**, v. 30, p. 3878-3883.

SCALBERT, A. Tannins in woods and their contribution to microbial decay prevention. In: HEMINGWAY, R.W.; LAKS, P.E. (eds.) Plant polyphenols: synthesis, properties, significance. Plenum Press, New York, 1992. p. 935.

SHAABAN, M.; KHOLIF, A.; ABD EL TAWAB, A.; RADWAN, M.; HADHOUD, F.; KHATTAB, M.; SALEH, H.; ANELE, U. (2021). Thyme and celery as potential alternatives to ionophores use in livestock production: their effects on feed utilization, growth performance and meat quality of Barki lambs. **Small Ruminant Research**, v. 200, p. 106400.

SIMITZIS, P. E.; DELIGEORGIS, S. G.; BIZELIS, J. A.; DARDAMANI, A.; THEODOSIOU, I.; FEGEROS, K. (2008). Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. **Meat Science**, v.79, p. 217-223.

SMETI, S.; HAJJI, H.; MEKKI, I.; MAHOUACHI, M.; ATTI, N. (2018). Effects of dose and administration form of rosemary essential oils on meat quality and fatty acid profile of lamb. **Small Ruminant Research**, v. 158, p. 62-68.

SMETI, S.; TIBAOU, S.; BERTOLÍN, J. R.; YAGOUBI, Y.; MEKKI I, M.; ATTI, N. (2020). Effects of myrtle (*Myrtus communis* L.) essential oils as dietary antioxidant supplementation on carcass and meat quality of goat meat. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, p. 452-461.

SOARES, S. P.; VINHOLIS, A. H. C.; CASEMIRO, L. A.; SILVA, M. L. A.; CUNHA, W. R.; MARTINS, C. H. G. (2008). Atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico bruto de *Stryphnodendron adstringens* sobre microorganismos da cárie dental. **Revista Odonto Ciência**, v. 23, p. 141-144.

SOLTAN, Y.; MORSY, A.; HASHEM, N.; ELAZAB, M.; SULTAN, M.; MAREY, H.; SALLAM, S. (2021). Modified nano-montmorillonite and monensin modulate *in vitro* ruminal fermentation, nutrient degradability, and methanogenesis differently. **Animals**, v. 11, p. 3005.

SOUZA-MOREIRA, T. M.; QUEIROZ-FERNANDES, G. M.; PIETRO, R. C. (2018). *Stryphnodendron* species known as “barbatimão”: a comprehensive report. **Molecules**, v. 23, p. 910.

TRINDADE, R.; SILVA, J. K.; SETZER, W. N. (2018). *Copaifera* of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, p. 1511.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. **Fermentação Ruminal**. IN: Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 1994. 476p.

VASCONCELOS, M. C. A.; RODOVALHO, N. C. M.; POTT, V. J.; FERREIRA, A. M. T.; ARRUDA, A. L. A.; MARQUES, M. C. S.; CASTILHO, R. O.; BUENO, N. R. (2004). Avaliação de atividades biológicas das sementes de *Stryphnodendron obovatum* Benth (*Leguminosae*). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 14, p. 121-127.

VASTA, V.; DAGHIO, M.; CAPPUCCI, A.; BUCCIONI, A.; SERRA, A.; VITI, C.; MELE, M. (2019). Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. **Journal of Dairy Science**. v. 102, p. 3781-3804.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. (2002). O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, v. 25, p. 273-286.

VEIGA JUNIOR, V. F.; ROSAS, E. C.; CARVALHO, M. V.; HENRIQUES, M. G. M. O.; PINTO, A. C. (2007). Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne - A comparative study. **Journal of Ethnopharmacol.** v. 112, p. 248-254.

WANG, R.; BAI, Z.; CHANG, J.; LI, Q.; HRISTOV, A. N.; SMITH, P.; YIN, Y.; TAN, Z.; WANG, M. (2022). China's low-emission pathways toward climate-neutral livestock production for animal-derived foods. **The Innovation**, v. 3, p. 100220.

YAMAGUCHI, M. H.; E GARCIA, R. F. (2012) Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais: revisão bibliográfica. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 5, p. 137-146.

YOO, H. J.; JWA, S. K. (2018). Inhibitory effects of β -caryophyllene on *Streptococcus mutans* biofilm. **Archives of Oral Biology**, v. 88, p. 42-46.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO *in vitro* DE ADITIVOS NATURAIS SOBRE O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO RÚMEN

Capítulo formatado conforme as normas da revista *Phytochemistry Reviews*

Avaliação *in vitro* de aditivos naturais sobre o perfil de ácidos graxos do
rúmen

Aylpy R. D. Santos¹, Tatiane Fernandes², Fernando M. Vargas Junior^{1*}

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados,
Mato Grosso do Sul, Brasil

²Escola de Ciência Animal, Instituto Politécnico de Virginia e Universidade Estadual,
Blacksburg, Estados Unidos

*autor correspondente: fernando.mvargasjr@gmail.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo, estudar o efeito de diferentes doses de oleorresina de copaíba (*Copaifera reticulata*) e de casca seca de barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) em associação a dietas com níveis crescentes de concentrado como potenciais substitutos da lasalocida sódica sobre o perfil de ácidos graxos do rúmen em um ensaio de fermentação ruminal *in vitro*. Foram realizados dois experimentos, onde avaliou-se quatro níveis de oleorresina de copaíba: (OC0 - 0 µl de OC/100 mg de MS incubada; OC1 - 0,060 µl de OC/100 mg de MS incubada; OC2 - 0,120 µl de OC/100 mg de MS incubada e OC3 - 0,180 µl de OC/100 mg de MS incubada) e quatro níveis de casca seca de barbatimão (CB0 - 0 g de CSB/100 mg de MS incubada; CB1 - 0,00013 g de CSB/100 mg de MS incubada; CB2 - 0,00020 g de CSB/100 mg de MS incubada e CB3 - 0,00027 g de CSB/100 mg de MS incubada) em dietas com teores crescentes de concentrado (20; 50 e 80%) sobre o perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do rúmen. A proporção molar de propionato decresceu linearmente em função dos níveis crescentes de OC e CSB ($P < 0,05$). A relação acetato:propionato aumentou linearmente em função do aumento dos níveis de CSB ($P = 0,029$). Contudo, a concentração total de ácidos graxos não foi afetada pelos aditivos ($P > 0,05$). Em ambos os experimentos, a adição do ionóforo lasalocida sódica na dieta resultou em maior proporção molar de propionato ($P < 0,05$). Neste estudo, as bactérias produtoras de propionato foram as mais afetadas, demonstrando que a inclusão dos biocompostos presentes na oleorresina de copaíba e casca seca de barbatimão nas concentrações utilizadas e na dinâmica (entra/saída) de metabólitos *in vitro* não é vantajosa.

Palavras-chave: acetato, bactérias, biocompostos, propionato

Introdução

O uso excessivo e indiscriminado de antibióticos na produção animal levou ao surgimento de cepas patogênicas multirresistentes e à disseminação da resistência aos antibióticos em todo o mundo, gerando um problema mundial de saúde pública (Treiber et al. 2021; Yang et al. 2021). Por conta disso, o uso de fitoquímicos como substituto dos antibióticos promotores de crescimento têm sido amplamente estudado na nutrição animal. Os fitoquímicos são compostos químicos produzidos pelas plantas durante seu metabolismo secundário e atuam como agentes de defesas contra insetos, microrganismos, animais e temperaturas extremas (Dorantes-Iturbide et al. 2022; Al Khayri et al. 2023).

O barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) e a copaíba (*Copaifera reticulata*) são plantas típicas do cerrado brasileiro que possuem uma importante concentração de fitoquímicos, sendo que os taninos e os sesquiterpenos são os principais, respectivamente (Souza-Moreira et al. 2018; Trindade et al. 2018), sendo sua utilização secular, mas na área da medicina humana (Ricardo et al. 2018).

Os taninos presentes na casca de barbatimão são compostos fenólicos que podem gerar efeitos positivos aos animais devido às suas propriedades antioxidantes, antiinflamatórias e antimicrobianas (Huang et al. 2018). Alguns estudos têm sugerido que os taninos diminuem a população de bactérias gram-positivas no rúmen, favorecendo o crescimento de bactérias gram-negativas (Costa et al. 2018). Com isso, observa-se uma redução na produção de acetato e metano entérico, além de uma diminuição nas taxas de degradação ruminal de proteína (Menci et al. 2021; Besharati et al. 2022; Makmur et al. 2022). Estes aspectos podem melhorar a eficiência alimentar e aumentar as taxas de ganho de peso dos animais.

Dentre os sesquiterpenos presentes na copaíba, o β -cariofileno é o principal, pois encontra-se em abundância na oleorresina, principal produto extraído das copaibeiras (Trindade et al. 2018). Na literatura, este biocomposto tem demonstrado efeitos negativos contra diversas cepas de bactérias gram-positivas (Pieri et al. 2016; Yoo e Jwa 2018; Moo et al. 2020), indicando que este fitoquímico tem potencial de ser incluso em dietas de ruminantes como substituto de antibióticos.

É importante destacar que a intensidade dos efeitos dos fitoquímicos como moduladores ruminais é dependente do tipo de dieta (teor de concentrado e volumoso) e do nível de inclusão destes compostos bioativos (Alves et al. 2017). Altos níveis de concentrado têm como característica o aumento da produção de propionato no rúmen, o que pode limitar os efeitos de biocompostos. Assim, objetivou-se estudar o efeito de diferentes doses de oleorresina de copaíba e de casca seca de barbatimão em associação às dietas com níveis crescentes de concentrado como potenciais substitutos da lasalocida sódica sobre o perfil de ácidos graxos do rúmen em um ensaio de fermentação ruminal *in vitro*.

Material e Métodos

Local

Esta pesquisa foi conduzida no Centro de Pesquisa em Ovinocultura (CPO) da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Experimento I

Tratamentos, incubação e análises químicas

A oleorresina de copaíba (OC) utilizada neste estudo foi cedida pelo Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), sendo da espécie *Copaifera reticulata*. A OC foi coletada na Floresta Nacional do Tapajós

localizada no Estado do Pará, durante o período chuvoso. Após a coleta, a oleorresina foi submetida a análises fitoquímicas para determinar os seus compostos bioativos.

Foram avaliados quatro níveis de oleorresina de copaíba: (OC0 - 0 µl de OC/100 mg de MS incubada; OC1 - 0,060 µl de OC/100 mg de MS incubada; OC2 - 0,120 µl de OC/100 mg de MS incubada e OC3 - 0,180 µl de OC/100 mg de MS incubada) em dietas com teores crescentes de concentrado (20; 50 e 80%), sobre o perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do rúmen em um experimento *in vitro*. O processo de incubação *in vitro* ocorreu em tubos de ensaio vedados (16x150 mm) contendo 100 mg de substrato com seus respectivos níveis de concentrado (20% ou 20 mg; 50% ou 50 mg; 80% ou 80mg; Tabela 1) e OC, além de 10 ml de inóculo (2 ml de líquido ruminal e 8 ml de solução tampão), em um banho-maria aquecido a 39 °C.

Para facilitar a medida dos volumes referentes aos níveis de OC, 1 ml de OC foi diluído em 99 ml de etanol e adicionada por meio de uma micropipeta aos tubos contendo os 100 mg de substrato com as diferentes proporções de concentrado em um intervalo de 12 horas antes da incubação, permitindo a evaporação completa do etanol. Os níveis de OC utilizados neste estudo são baseados no trabalho de Pantoja (2021), onde utilizou-se 0,5 e 1,0 ml de OC para cada 860 g de MS ofertada.

O líquido ruminal utilizado neste estudo foi coletado manualmente de um bovino fistulado alimentado com uma dieta à base de volumoso, em cinco ocasiões distintas, constituindo assim, cinco rodadas de incubação. Após a coleta, o conteúdo ruminal foi filtrado em duas camadas de gazes a fim de separar a fração líquida e sólida. A fração líquida foi armazenada em uma garrafa térmica pré-aquecida a 39 °C.

A solução tampão utilizada nesta pesquisa foi constituída por soluções A e B, as quais foram misturadas na relação 1:5 a fim de alcançar um pH de 6,8. Para o preparo destas soluções, utilizou-se os seguintes reagentes: Solução A: fosfato de potássio

monobásico (KH_2PO_4 , 10 g), sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g), cloreto de sódio (NaCl , 0,5 g), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,1 g) e uréia (0,5 g). Solução B: carbonato de sódio (Na_2CO_3 , 15 g) e sulfeto de sódio nonahidratado ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 1g).

A incubação ocorreu sobre aspersão constante de CO_2 a fim de manter o ambiente ruminal em condições ideais para o processo fermentativo. O tempo de incubação teve duração de 48 horas, sendo que após este período, os tubos contendo o material incubado foram retirados da incubadora (banho-maria) e abertos para interromper o processo fermentativo. Posteriormente, os tubos foram centrifugados, e então 2 ml da fração líquida foi amostrada por meio de uma micropipeta e transferido para um eppendorf devidamente identificado para análise de AGCC.

Para determinação dos AGCC, 1,6 ml de fluido ruminal foram centrifugados a 15.000 g por 15 minutos a 4 °C, com 0,4 ml de uma solução 3: 1 de ácido metafosfórico 25% e ácido fórmico 98-100% e 0,2 ml de solução de ácido 2-metil-butírico 100 mM (padrão interno). Após a centrifugação, aproximadamente 1,2 ml foram transferidos para um frasco cromatográfico. Desse volume, 1 µl foi injetado automaticamente pelo sistema injetor em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25 m; 0,32 mm; 0,5 µm; JeW Agilent Technologies). O gás de arraste utilizado foi o H_2 , mantido em fluxo de 31,35 ml/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260 °C. O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C/min; 3 min) e 205 °C (10 °C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

Desenho experimental e análise estatística

Este estudo foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados contendo cinco blocos (cinco rodadas de incubação), e organizado em arranjo fatorial

duplo 3x4 (três níveis de concentrado e quatro níveis de OC) com um tratamento adicional (inclusão do ionóforo lasalocida sódica, LAS).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com o auxílio do pacote estatístico ExpDes do Programa R-Studio (version 1.2.5001; Rstudio, Inc., Boston, MA, EUA). Diferenças estatísticas foram consideradas a 5% de significância. Em caso de interações significativas ou não, os fatores foram desdobrados de maneira conjunta ou independente, respectivamente, por meio de regressão, testando-se o modelo linear e quadrático.

Experimento II

Tratamentos, incubação e análises químicas

As cascas de barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) foram coletadas (22°12'59,3"S 54°56'18,8"W) manualmente de diversas árvores encontradas em uma área nativa da localidade, com uma altura aproximada entre 8 a 10m durante a estação do verão (2020), no período da manhã. Amostras de plantas foram coletadas para confirmação da identificação botânica no Herbário da Universidade Federal da Grande Dourados (DDMS), SISGEN: Cadastro nº A9CDAAE. Posteriormente, as cascas foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas. Após esse procedimento, as cascas foram trituradas em moinho de facas tipo Willey com peneira contendo furos de 2 mm, obtendo-se a casca seca de barbatimão (CSB). CSB foi submetida à análise de prospecção fitoquímica com o intuito de determinar os biocompostos presentes em sua constituição.

Foram avaliados quatro níveis da casca seca de barbatimão (CB0 - 0 g de CSB/100 mg de MS incubada; CB1 - 0,00013 g de CSB/100 mg de MS incubada; CB2 - 0,00020 g de CSB/100 mg de MS incubada e CB3 - 0,00027 g de CSB/100 mg de MS incubada) em dietas com teores crescentes de concentrado (20; 50 e 80%), sobre o perfil

de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do rúmen em um experimento de fermentação ruminal *in vitro*. Os níveis de CSB foram definidos conforme o estudo de Barbosa et al. (2023), onde os autores ofertaram 1,5 g de CSB para cada 750 g de MS consumida. Para facilitar a pesagem dos níveis de CSB, uma quantidade de 0,5 g de CSB foi misturada a uma quantidade de 99,5 g de milho moído.

O processo de incubação *in vitro* foi feito em tubos de ensaio vedados (16x150 mm) contendo 100 mg de substrato com seus respectivos níveis de concentrado (20% ou 20 mg; 50% ou 50 mg; 80% ou 80 mg; Tabela 1) e CSB, e 10 ml de inóculo (2 ml de líquido ruminal e 8 ml de solução tampão), em um banho-maria a 39 °C. Os níveis de CSB foram pesados e adicionados aos tubos contendo os 100 mg de substrato com as diferentes proporções de concentrado. O feno de aveia constituiu o volumoso deste ensaio.

O líquido ruminal utilizado neste estudo foi coletado manualmente de um bovino fistulado alimentado com uma dieta à base de volumoso, em cinco ocasiões distintas, constituindo assim cinco rodadas de incubação. Após a coleta, o conteúdo ruminal foi filtrado em duas camadas de gazes a fim de separar a fração líquida e sólida. Assim, a fração líquida foi armazenada em uma garrafa térmica pré-aquecida a 39 °C.

A solução tampão utilizada nesta pesquisa, foi constituída por soluções A e B, as quais foram misturadas na relação 1:5 a fim de alcançar um pH de 6,8. Para o preparo destas soluções, utilizou-se os seguintes reagentes: Solução A: fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4 , 10 g), sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g), cloreto de sódio (NaCl , 0,5 g), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,1 g) e uréia (0,5 g). Solução B: carbonato de sódio (Na_2CO_3 , 15 g) e sulfeto de sódio nonahidratado ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 1g).

A incubação ocorreu sobre aspersão constante de CO_2 a fim de manter o ambiente ruminal em condições normais. O tempo de incubação teve duração de 48 horas, sendo

que após este período, os tubos contendo o material incubado foram retirados da incubadora (banho-maria) e abertos para interromper o processo fermentativo. Posteriormente, os tubos foram centrifugados, e então 2 ml da fração líquida foi amostrada por meio de uma micropipeta e transferido para um eppendorf devidamente identificado para análise de AGCC.

Para determinação dos AGCC, 1,6 ml de fluido ruminal foram centrifugados a 15.000 g por 15 minutos a 4 ° C, com 0,4 ml de uma solução 3: 1 de ácido metafosfórico 25% e ácido fórmico 98-100% e 0,2 ml de solução de ácido 2-metil-butírico 100 mM (padrão interno). Após a centrifugação, aproximadamente 1,2 ml foram transferidos para um frasco cromatográfico. Desse volume, 1 µl foi injetado automaticamente pelo sistema injetor em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25 m; 0,32 mm; 0,5 µm; JeW Agilent Technologies). O gás de arraste utilizado foi o H₂, mantido em fluxo de 31,35 ml/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260 °C. O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C/min; 3 min) e 205 °C (10 °C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

Desenho experimental e análise estatística

Este estudo foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados contendo cinco blocos (cinco rodadas de incubação), e organizado em arranjo fatorial duplo 3x4 (três níveis de concentrado e quatro níveis de CSB) com um tratamento adicional (inclusão do ionóforo lasalocida sódica, LAS).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com o auxílio do pacote estatístico ExpDes do Programa R-Studio (version 1.2.5001; Rstudio, Inc., Boston, MA, EUA). Diferenças estatísticas foram consideradas a 5% de significância. Em caso

de interações significativas ou não, os fatores foram desdobrados de maneira conjunta ou independente, respectivamente, por meio de regressão, testando-se o modelo linear e quadrático.

Resultados

Experimento I

Dentre os compostos bioativos analisados, o β -Cariofileno foi o que apresentou maior concentração com 22,3%, seguido do α -Bergamoteno, γ -Macrocarpeno e β Selineno, representando 20,8; 15,1 e 13,0% da oleorresina de copaíba, respectivamente (OC; Tabela 2).

Houve interação ($P < 0,05$) entre o nível de concentrado e nível de oleorresina de copaíba (OC) sobre a proporção molar de acetato, butirato, isovalerato e relação acetato:propionato (Tabela 4). Nos tratamentos com 20 e 50% de concentrado, houve um efeito quadrático positivo para a proporção molar de acetato e quadrático negativo para as proporções de butirato e isovalerato em função das doses de OC. Com a inclusão de 0,06 (OC1) e 0,12 μ l de OC (OC2), os níveis crescentes de concentrado aumentaram linearmente a proporção molar de acetato e reduziram linearmente a proporção molar de butirato. Quanto ao isovalerato, observou-se que além de OC1 e OC2, em OC3 (0,18 μ l de OC) houve decréscimo linear na proporção deste ácido graxo de cadeia curta (AGCC) em função dos níveis crescentes de concentrado. O tratamento adicional com lasalocida sódica (LAS) não resultou em alteração na proporção molar de acetato, mas elevou as proporções de propionato e diminuiu as proporções de butirato e isovalerato, além de reduzir a relação acetato:propionato.

A relação acetato:propionato apresentou comportamento quadrático negativo em função das doses de OC no nível de 80% de concentrado. Em OC2, a relação

acetato:propionato cresceu linearmente em função dos níveis crescentes de concentrado (Tabela 2).

A proporção molar de propionato decresceu linearmente em função do nível de OC ($P=0,002$; Figura 1). Da mesma maneira, os níveis crescentes de concentrado reduziram linearmente a proporção de valerato ($P<0,001$; Figura 2).

Experimento II

Dentre os biocompostos determinados, os taninos foram os que apresentaram maior intensidade de reação, indicando alta concentração destes biocompostos na casca seca de barbatimão (CSB; Tabela 3).

Houve interação($P<0,05$) entre o nível de concentrado e nível de casca seca de barbatimão (CSB) sobre a proporção molar de acetato, butirato e isovalerato (Tabela 5).

Com a inclusão de 50 e 80% de concentrado, houve um efeito quadrático positivo para a proporção molar de acetato em função das doses de CSB. Com a inclusão de 0,00013 g de CSB (CB1), os níveis crescentes de concentrado resultaram em efeito quadrático positivo na proporção molar de acetato. Nos tratamentos com 20 e 50% de concentrado, houve um comportamento quadrático positivo para a proporção molar de butirato em função das doses crescentes de CSB. Em CB1 foi observado efeito quadrático negativo dos níveis crescentes de concentrado sobre a proporção de butirato. Com a inclusão de 80% de concentrado, houve comportamento quadrático na proporção molar de isovalerato em função das doses de CSB. Além, disso em CB1 e CB3 (0,00027 g de CSB), os níveis de concentrado resultaram em efeito linear decrescente e crescente, respectivamente, na proporção molar de isovalerato.

A proporção molar de propionato decresceu linearmente em função dos níveis crescentes de CSB ($P=0,006$; Figura 3). A relação acetato propionato aumentou linearmente em função do aumento dos níveis de CSB ($P=0,029$; Figura 4). A inclusão

de lasalocida sódica resultou em aumento na proporção molar de propionato em comparação aos tratamentos que compuseram o fatorial.

Discussão

Neste estudo foi hipotetizado que os efeitos dos compostos bioativos presentes na oleorresina de copaíba (OC) e na casca seca de barbatimão (CSB) sobre o perfil de ácidos graxos do rúmen são dependentes do seu nível de dosagem e proporção de concentrado na dieta. Altas inclusões de concentrado são capazes de modificar a microbiota ruminal, e dessa maneira, os efeitos dos fitoquímicos são menos evidentes. No presente estudo, esta hipótese foi confirmada, pois observou-se que os efeitos de OC e CSB foram mais evidentes em dietas com baixas e moderadas inclusões de concentrado.

Provavelmente, a redução da proporção molar de acetato em função de OC1 e OC2 está relacionada ao aumento observado da proporção de butirato. Busquet et al. (2005) também observaram elevação na proporção de molar de butirato quando utilizaram biocompostos de plantas em um experimento de fermentação ruminal *in vitro*. Da mesma forma, Benchaar et al. (2007) observaram que o carvacrol e o eugenol aumentaram as proporções de butirato. Os resultados do presente estudo demonstram que OC1 e OC2 favoreceram as bactérias produtoras de butirato. No rúmen, as bactérias gram-positivas são as principais responsáveis pela produção de butirato e acetato, enquanto as gram-negativas produzem uma maior quantidade de propionato (Bergen and Bates, 1984).

A diminuição da proporção de propionato e elevação nas proporções de butirato em OC1 e OC2 e acetato em OC3 demonstram que os biocompostos ativos presentes na oleorresina de copaíba inibiram a atividade das bactérias gram-negativas. Semelhantemente, a inclusão de CSB elevou as proporções de acetato e butirato, e causou

redução na proporção de propionato. Em OC e CSB, o β -cariofileno e os taninos, respectivamente, representam os principais biocompostos ativos presentes em suas constituições e possuem efeitos contra bactérias gram-positivas e gram-negativas (Neta et al. 2017; Vu et al. 2017; Villanueva et al. 2023).

No presente estudo, os efeitos negativos destes biocompostos foram mais evidentes contra bactérias gram-negativas, demonstrando maior capacidade de adaptação das bactérias gram-positivas. Hipoteticamente, esta maior adaptabilidade se deve à maior população de bactérias gram-positivas presentes no líquido ruminal, uma vez que o bovino doador era alimentado com uma dieta à base de pasto. Apesar da mudança na proporção dos AGCC, a concentração total de AG não foi afetada, indicando que em uma condição *in vivo*, a performance produtiva seria similar entre os tratamentos.

Barbosa et al. (2024) constataram uma redução na proporção molar de acetato de ovinos suplementados com 1,5 g de CSB. Lemos et al. (2021) observaram aumento na proporção molar de acetato e redução na proporção molar de propionato quando incluíram 3000 mg/l de OC em um estudo *in vitro*. Neste mesmo estudo, os autores verificaram que a inclusão de doses crescentes de CSB, reduziram a produção total de ácidos graxos.

LAS aumentou a proporção molar de propionato em comparação aos demais tratamentos, concordando com vários estudos (Bergen e Bates 1984; Weiss e Amiet 1990; Golder e Lean 2016). Numericamente em ambos os experimentos, LAS resultou em menores valores de acetato e butirato. Devido à membrana celular simples, as bactérias que produzem estes ácidos graxos são mais susceptíveis à ação de ionóforos como a lasalocida sódica (Bergen e Bates, 1984).

As reduções causadas por OC e CSB nas proporções de propionato resultaram em elevação na relação acetato:propionato. Tal resultado não é desejável, pois a inclusão dietética de ionóforos e extratos de plantas como fontes de biocompostos tem como

objetivo principal, a redução de acetato e aumento de propionato. É importante destacar que a maior relação acetato:propionato é um indicativo de maior produção ruminal de metano (Benchaa et al. 2014). A rota de produção de acetato e butirato pelos microrganismos ruminais contribui significativamente para a geração de H_2 e CO_2 como subprodutos, que por sua vez serão utilizados pelas bactérias metanogênicas para a produção de ATP através da formação de metano no rúmen (Nussio et al., 2006; Kozloski, 2009). O metano produzido durante a fermentação ruminal representa o principal sumidouro de H_2 no rúmen, o que é extremamente importante para a reoxidação do NADH, garantindo assim a fosforilação da glicose durante a via glicolítica. Entretanto, a metanogênese ruminal resulta em 2 a 12% de perdas de energia bruta da dieta e ainda, contribui em 5% nas emissões de gases de efeito estufa (Johnson & Johnson, 1995).

Com relação aos níveis de concentrado, observou-se que sem a inclusão de OC e CSB, em valores absolutos a inclusão crescente de concentrado reduziu a proporção de acetato e aumentou a proporção de propionato. Consequentemente, a relação acetato:propionato diminuiu. Esses achados confirmam a hipótese de que os biocompostos presentes em OC e CSB, isto é, β -cariofileno e taninos, respectivamente, inibem a atividade das bactérias gram-negativas. É bem estabelecido na literatura que devido à sua membrana externa rica em lipopolissacarídeos, as bactérias gram-negativas são mais resistentes à ação de antimicrobianos. Entretanto, biocompostos de plantas como taninos e sesquiterpenos podem interagir com estes lipopolissacarídeos e desestabilizar a membrana externa das bactérias gram-negativas (Neta et al. 2017; Farha et al. 2020).

Conclusão

Com moderadas inclusões de concentrado na dieta, os efeitos negativos causados pelos níveis de inclusão de oleorresina de copaíba e casca seca de barbatimão sobre os microrganismos ruminais são mais evidentes. Neste estudo, as bactérias produtoras de

propionato foram as mais afetadas, demonstrando que a inclusão dos biocompostos presentes nestes aditivos naturais nas doses estudadas e com a dinâmica de metabólitos *in vitro* não são capazes de substituir a lasalocida sódica.

Declarações

Conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

Referências

- Al-Khayri JM, Rashmi R, Toppo V, Chole PB, Banadka A, Sudheer WN, Nagella P, Shehata WF, Al-Mssallem MQ, Alessa FM, Almaghasla MI, Rezk AB (2023) Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites* 13:716
- Alves SP, Francisco A, Costa M, Santos-Silva J, Bessa RJ (2017) Biohydrogenation patterns in digestive contents and plasma of lambs fed increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. *Animal Feed Science and Technology* 225:157-172
- Barbosa CR, Pantoja JC, Fernandes T, Chagas RA, Souza CG, Santos ARD, Souza MR, Vargas-Junior FM (2023) Bioactive Compounds of Barbatimão (*Stryphnodendron* sp.) as Dietary Additive in Lamb Diets. *Agriculture* 13:664
- Barbosa CR, Pantoja JC, Fernandes T, Chagas RA, Souza CG, Santos AR, Alves JP, Vargas Junior FM (2024) Ruminant modulator additive effect of *Stryphnodendron rotundifolium* bark in feedlot lambs. *Tropical Animal Health and Production* 56(2):1-8
- Benchaar C, Chaves AV, Fraser GR, Beauchemin KA, McAllister TA (2007) Effects of essential oils and their components on *in vitro* rumen microbial fermentation.

Canadian Journal of Animal Science 87(3):413-419

- Benchaar C, Hassanat F, Gervais R, Chouinard PY, Petit HV, Massé DI (2014) Methane production, digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and milk production of cows fed corn silage-or barley silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 97(2):961-974
- Bergen WG, Bates DB (1984) Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *Journal of Animal Science* 58:1465–1483
- Besharati M, Maggiolino A, Palangi V, Kaya A, Jabbar M, Eseceli H, De Palo P, Lorenzo JM (2022) Tannin in Ruminant Nutrition: Review. *Molecules* 27(23):8273
- Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Carro MD, Kamel C (2005) Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science* 88(12):4393-404
- Costa M, Alves SP, Cabo Â, Guerreiro O, Stilwell G, Dentinho MT, Bessa RJ (2018) Modulation of *in vitro* rumen biohydrogenation by *Cistus ladanifer* tannins compared with other tannin sources. *Journal of the Science Food and Agriculture* 97(2):629–635
- Dorantes-Iturbide G, Orzuna-Orzuna JF, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez GD, Miranda-Romero LA, Lee-Rangel HÁ (2022) Essential Oils as a Dietary Additive for Small Ruminants: A Meta-Analysis on Performance, Rumen Parameters, Serum Metabolites, and Product Quality. *Veterinary Sciences* 9(9):475
- Farha AK, Yang QQ, Kim G, Li HB, Zhu F, Liu HY, Gan RY, Corke H (2020) Tannins as an alternative to antibiotics. *Food Bioscience* 38:100751.
- Golder HM, Lean IJ (2016) A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. *Journal of Animal Science* 94(1):306-26

- Huang Q, Liu X, Zhao G, Hu T, Wang Y (2018) Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition* 4(2):137-150
- Johnson KA, Johnson DE (1995) Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science* 73:2483-2492
- Kozloski GV (2009) *Bioquímica dos ruminantes*. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria 214p
- Lemos BJM, Souza FM, Arnhold E, Conceição EC, Couto VRM, Fernandes JJR (2021) Effects of plant extracts from *Stryphnodendron adstringens* (mart.) coville, *Lafoensia pacari* a. st.-hil, *copaifera* spp., and *Pterodon emarginatus* Vogel on *in vitro* rumen fermentation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 105(4):639-652
- Makmur M, Zain M, Sholikin MM, Suharlina, Jayanegara A (2022) Modulatory effects of dietary tannins on polyunsaturated fatty acid biohydrogenation in the rumen: A meta-analysis. *Heliyon* 28(7):9828
- Menci R, Coppa M, Torrent A, Natalello A, Valenti B, Luciano G, Priolo A, Niderkorn V (2021) Effects of two tannin extracts at different doses in interaction with a green or dry forage substrate on *in vitro* rumen fermentation and biohydrogenation. *Animal Feed Science and Technology* 278:1–13
- Moo CL, Yang SK, Osman MA, Yuswan MH, Loh JY, Lim WM, Lim SH, Lai KS. (2020) Antibacterial Activity and Mode of Action of β -caryophyllene on *Bacillus cereus*. *Polish Journal of Microbiology* 69(1):1-6
- Neta MCS, Vittorazzi C, Guimarães AC, Martins JD, Fronza M, Endringer DC, Scherer R (2017) Effects of β -caryophyllene and *Murraya paniculata* essential oil in the murine hepatoma cells and in the bacteria and fungi 24-h time-kill curve studies.

Pharmaceutical Biology 55(1):190-197

Nussio LG, Campos FP, Lima MLM. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG (Eds) Nutrição de ruminantes (2006) 1 ed. Jaboticabal: Funep, 583p

Pantoja JC (2021). Oleorresina da copaíba como aditivo em dietas de alto concentrado na terminação de cordeiros. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados MS

Pieri FA, Souza MC, Vermelho LL, Vermelho ML, Perciano PG, Vargas FS, Borges AP, da Veiga-Junior VF, Moreira MA (2016) Use of β -caryophyllene to combat bacterial dental plaque formation in dogs. BMC Veterinary Research 12(1):216

Ricardo LM, Dias BM, Mügge FLB, Leite VV, Brandão MGL (2018) Evidence of traditionality of Brazilian medicinal plants: The case studies of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) barks and *Copaifera* spp. (copaíba) oleoresin in wound healing. Journal of Ethnopharmacology 219:319-336

Souza-Moreira TM, Queiroz-Fernandes GM, Pietro RC (2018) *Stryphnodendron* species known as “barbatimão”: a comprehensive report. Molecules 23:910

Treiber FM, Beranek-Knauer H (2021) Antimicrobial Residues in Food from Animal Origin-A Review of the Literature Focusing on Products Collected in Stores and Markets Worldwide. Antibiotics (Basel) 10(5):534

Trindade R, Silva JK, Setzer WN (2018) *Copaifera* of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. International Journal of Molecular Sciences 19:1511

Villanueva X, Zhen L, Ares JN, Vackier T, Lange H, Crestini C, Steenackers HP (2023) Effect of chemical modifications of tannins on their antimicrobial and antibiofilm effect against Gram-negative and Gram-positive bacteria. Frontiers in

Microbiology 13:987164

- Vu TT, Kim H, Tran VK, Vu HD, Hoang TX, Han JW, Choi YH, Jang KS, Choi GJ, Kim JC (2017) Antibacterial activity of tannins isolated from *Sapium baccatum* extract and use for control of tomato bacterial wilt. PLoS ONE 12(7):0181499
- Weiss WP, Amiet BA (1990) Effect of lasalocid on performance of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 73(1):153-62
- Yang X, Chen Z, Zhao W, Liu C, Qian X, Zhang M, Wei G, Khan E, Hau Ng Y, Sik Ok Y (2021) Recent Advances in Photodegradation of Antibiotic Residues in Water. Chemical Engineering Journal 405:126806
- Yoo HJ, Jwa SK (2018) Inhibitory effects of β -caryophyllene on *Streptococcus mutans* biofilm. Archives of Oral Biology 88:42-46

Tabela 1 Composição centesimal das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de concentrado (%)		
	20	50	80
Feno	80,00	50,00	20,00
Milho	14,50	38,20	63,20
Farelo de Soja	3,90	10,20	15,20
Sal comum	0,80	0,80	0,80
Carbonato de cálcio	0,80	0,80	0,80

Tabela 2 Composição química e componentes bioativos do oleorresina da copaíba

Índices analíticos	Oleorresina de copaíba
Acidez (mg/g)	86,10 ± 2,02
Saponificação (mg/g)	99,15 ± 0,89
Refração	1,50 ± 0,02
Densidade (g/ml)	0,98 ± 0,003
Viscosidade (Pa-s)	0,28 ± 0,01
Componentes químicos (%)	
β-Cariofileno (C ₁₅ H ₂₄)	22,32
α-Bergamoteno (C ₁₅ H ₂₄)	20,83
γ-Macrocarpeno	15,14
β-Selineno (C ₁₅ H ₂₄)	13,06
α-Selineno	6,40
α-Humuleno	3,95
β-Elemeneno	3,04
Óxido de Cariofileno (C ₁₅ H ₂₄ O)	2,28
β-Sesquifelandreno	1,97
α-Bisaboleno	1,92
Amorpha-4,7(11)-diene	1,31
Junenol	1,21
β-Farneseno	1,14
Pogostol	1,14
δ-Cadineno (C ₁₅ H ₂₄)	1,08
α-Aromadendreno (C ₁₅ H ₂₄)	0,31
γ-Curcumeneno	0,29

α -Copaeno (C ₁₅ H ₂₄)	0,29
β -Curcumeno	0,25
Cariofileno<14-hidroxi-9-epi-(E)->	0,24
γ -Bisabolen	0,13
α -Bisabolol	0,09
δ -Elemeno	0,05
β -Copaeno	0,04
α -Cedreno (C ₁₅ H ₂₄)	0,02

Tabela 3 Composição química e compostos bioativos da casca seca de barbatimão (CSB)

Composição química	CSB
Matéria Seca (% da MN)	36,2
Matéria Orgânica (% da MS)	98,02
Proteína Bruta (% da MS)	10,9
Extrato Etéreo (% da MS)	0,6
Fibra em Detergente Neutro (% da MS)	47,3
Fibra em Detergente Ácido (% da MS)	44,6
Compostos metabólicos secundários	
Compostos fenólicos *	++
Flavonoides*	+
Taninos*	+++
Naftoquinona*	-
Cumarinas*	+
Triterpenos e esteroides*	+
Heterosídeos cianogênicos*	+
Heterosídeos cardioativos*	+
Açúcares redutores*	+
Saponinas*	+
Alcaloides*	-
Teor de compostos fenólicos (mg/g)	89,8
Teor de flavonoides (mg/g)	35
Teor de taninos (mg/g)	453,7

*A presença dos compostos metabólicos secundários foi classificada como: 0 (zero), reação negativa (-), intensidade parcial ($\pm$ /+ = 10%), baixa (++ = 50%), média ($\pm$ ++ = 75%) e alta intensidade (+++ = 100%).

Tabela 4 Produção de ácidos graxos de cadeia curta (mM/100mM) em função dos níveis de oleorresina de copaíba (µl/100 mg de MS incubada) e de concentrado (%)

Item	Níveis de concentrado	Níveis de oleorresina de copaíba				CV	<i>P value</i>		
		OC0	OC1 ³	OC2 ⁴	OC3		OC	C	OCxC
Acetato	20 ¹	57,53	47,35	42,86	49,88				
	50 ²	56,36	47,20	46,26	54,51	8,02	0,019	0,002	0,002
	80	50,30	57,17	58,03	58,51				
	Fatorial					52,16a			
	Adicional					49,94a			
Propionato		OC0	OC1	OC2	OC3				
	20	32,08	28,50	31,28	29,81				
	50	33,32	30,38	31,30	28,08	9,52	0,002	0,946	0,104
	80	37,58	30,32	26,50	28,66				
	Fatorial					30,65b			
Butirato		OC0	OC1 ⁷	OC2 ⁸	OC3				
	20 ⁵	6,70	15,75	17,22	13,23				
	50 ⁶	6,46	14,34	14,70	11,45	17,13	<0,001	<0,001	0,008
	80	8,36	9,26	9,96	9,69				
	Fatorial					11,43a			
Isobutirato		OC0	OC1	OC2	OC3				
	20	0,85	1,62	1,58	1,35				
	50	0,85	1,56	1,50	1,08	90,45	0,128	0,974	0,522
	80	0,66	0,72	3,04	0,68				
	Fatorial					1,29a			
Valerato		OC0	OC1	OC2	OC3				
	20	1,63	2,53	2,72	2,47				
	50	1,82	2,41	2,45	2,58	23,60	0,314	<0,001	0,078
	80	1,86	1,33	1,30	1,28				
	Fatorial					2,03a			

Adicional		1,81a							
Isovalerato		OC0	OC1 ¹¹	OC2 ¹²	OC3 ¹³				
	20 ⁹	1,18	4,21	4,31	3,24				
	50 ¹⁰	1,17	4,08	3,75	2,26	32,26	<0,001	<0,001	0,008
	80	1,20	1,18	1,14	1,15				
	Fatorial	2,41a							
Adicional		1,22b							
		OC0	OC1	OC2 ¹⁵	OC3				
Relação A:P	20	1,79	1,66	1,37	1,67				
	50	1,69	1,56	1,49	2,07	19,16	0,233	0,151	0,037
	80 ¹⁴	1,34	1,92	2,25	2,04				
	Fatorial	1,74a							
	Adicional	1,31b							
		OC0	OC1	OC2	OC3				
AG Total (mM)	20	34,75	38,65	57,22	62,82				
	50	35,70	41,08	42,77	45,59	43,47	0,482	0,791	0,104
	80	63,18	39,16	21,34	34,20				
	Fatorial	43,08							
	Adicional	44,87							

Fatorial = média dos tratamentos que compuseram o fatorial, com exceção do tratamento adicional (lasalocida sódica); Adicional = média do tratamento adicional (lasalocida sódica); Relação A:P = relação acetato:propionato; AG Total = total de ácidos graxos; OC0 = 0 µl de oleorresina de copaíba; OC1 = 0,06 µl de oleorresina de copaíba; OC2 = 0,12 µl de oleorresina de copaíba; OC3 = 0,18 µl de oleorresina de copaíba; CV = coeficiente de variação; OC = nível de oleorresina de copaíba; C = nível de concentrado; OCxC = interação entre nível de oleorresina de copaíba e nível de concentrado.

¹Y = 57,828 - 260,684x + 1193,988x², R² = 0,985; ²Y = 56,414 - 228,463x + 1209,173x², R² = 0,999; ³Y = 42,390 + 0,163x, R² = 0,738; ⁴Y = 36,408 + 0,252x, R² = 0,907; ⁵Y = 6,808 + 198,204x - 906,054x², R² = 0,996; ⁶Y = 6,658 + 164,725x - 773,083x², R² = 0,982; ⁷Y = 18,525 - 0,1082x, R² = 0,903; ⁸Y = 20,010 - 0,121x, R² = 0,969; ⁹Y = 1,273 + 61,716x - 284,669x², R² = 0,975; ¹⁰Y = 1,276 + 59,993x - 305,842x², R² = 0,960; ¹¹Y = 5,681 - 0,050x, R² = 0,782; ¹²Y = 5,708 - 0,052x, R² = 0,877; ¹³Y = 3,958 - 0,034x, R² = 0,998; ¹⁴Y = 1,334 + 13,814x - 54,323x², R² = 0,991; ¹⁵Y = 0,970 + 0,014x, R² = 0,850.

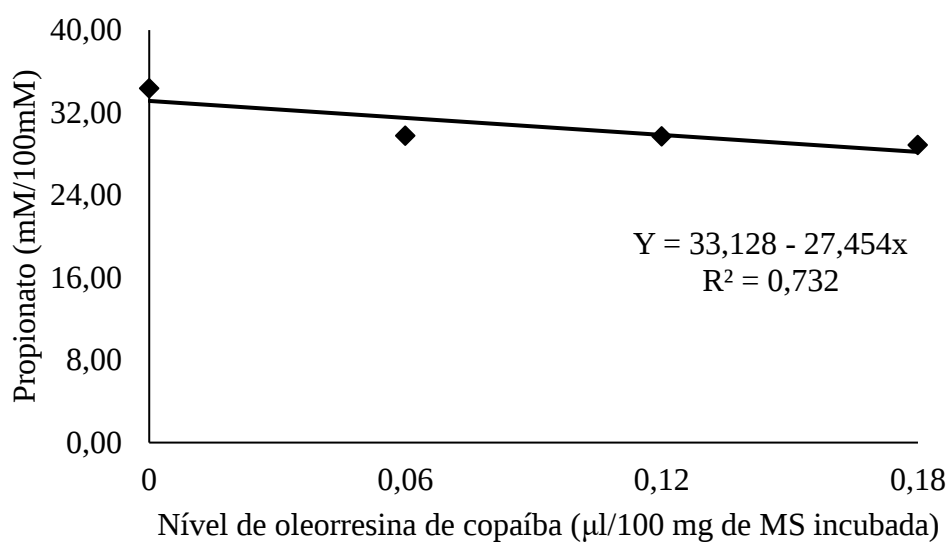


Figura 1 Produção de propionato em função dos níveis de oleoresina de copaíba

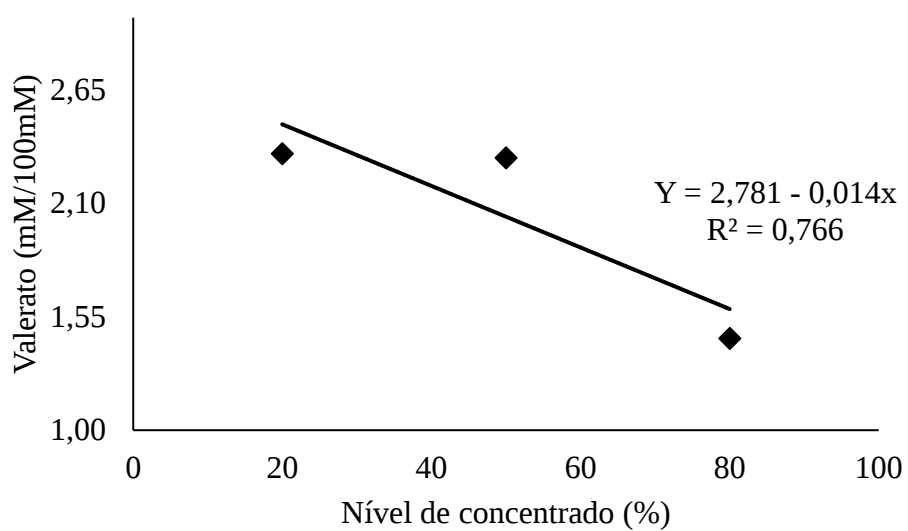


Figura 2 Produção de valerato em função dos níveis de concentrado

Tabela 5 Produção de ácidos graxos de cadeia curta (mM/100mM) em função dos níveis de casca seca de barbatimão (g/100 mg de MS incubada) e de concentrado (%)

Item	Níveis de concentrado	Níveis de casca seca de barbatimão				CV	CSB	C	CSBxC
		CB0	CB1 ³	CB2	CB3				
Acetato	20	57,53	49,72	51,69	57,35				
	50 ¹	56,36	47,08	54,86	59,65	9,09	0,389	0,402	0,007
	80 ²	50,30	62,43	59,39	54,56				
	Fatorial					55,08a			
	Adicional					49,94a			
		CB0	CB1	CB2	CB3				
Propionato	20	32,09	29,24	29,05	29,08				
	50	33,32	31,36	27,48	24,89	16,32	0,006	0,742	0,448
	80	37,59	26,50	26,35	22,89				
	Fatorial					29,15b			
	Adicional					37,86a			
		CB0	CB1 ⁶	CB2	CB3				
Butirato	20 ⁴	6,70	13,46	13,22	9,41				
	50 ⁵	6,46	14,15	12,33	11,27	21,53	<0,001	0,100	0,042
	80	8,37	8,19	9,38	10,70				
	Fatorial					10,30a			
	Adicional					8,53a			
		CB0	CB1	CB2	CB3				
Isobutirato	20	0,85	1,51	1,20	0,84				
	50	0,85	1,25	1,09	0,98	99,59	0,484	0,384	0,451
	80	0,67	0,74	2,50	2,84				
	Fatorial					1,27a			
	Adicional					0,61a			
		CB0	CB1	CB2	CB3				
Valerato	20	1,63	2,41	2,01	2,08				
	50	1,82	2,37	1,92	1,65	65,59	0,271	0,823	0,107
	80	1,86	1,12	1,27	4,86				
	Fatorial					2,08a			

Adicional		1,81a							
		CB0	CB1 ⁸	CB2	CB3 ⁹				
Isovalerato	20	1,19	3,65	2,82	1,23				
	50	1,17	3,78	2,30	1,55	68,31	0,119	0,779	0,028
	80 ⁷	1,21	1,00	1,11	4,13				
	Fatorial	2,09a							
	Adicional	1,22a							
		CB0	CB1	CB2	CB3				
Relação A:P	20	1,80	1,72	1,85	2,22				
	50	1,69	1,50	2,08	2,43	28,88	0,029	0,450	0,551
	80	1,35	2,36	2,27	2,69				
	Fatorial	1,99a							
	Adicional	1,31a							
		CB0	CB1	CB2	CB3				
AG Total (mM)	20	34,75	32,19	40,96	28,47				
	50	35,70	47,40	31,79	26,89	40,19	0,314	0,368	0,230
	80	63,18	37,67	28,12	40,84				
	Fatorial	37,33							
	Adicional	44,87							

Fatorial = média dos tratamentos que compuseram o fatorial, com exceção do tratamento adicional (lasalocida sódica); Adicional = média do tratamento adicional (lasalocida sódica); Relação A:P = relação acetato:propionato; AG Total = total de ácidos graxos; CB0 = 0 g de casca seca de barbatimão; CB1 = 0,00013 g de casca seca de barbatimão; CB2 = 0,00020 g de casca seca de barbatimão; CB3 = 0,00027 g de casca seca de barbatimão; CV = coeficiente de variação; CSB = nível de casca seca de barbatimão; C = nível de concentrado; CSBxC = interação entre nível de casca seca de barbatimão e nível de concentrado.

¹Y = 52,589 + 12696x + 3,321x², R² = 0,868; ²Y = 53,953 + 1815x + 4,749x², R² = 0,977; ³Y = 70,350 – 29,622x + 8,995x², R² = 0,998; ⁴Y = 8,754 + 1297x + 3,392x², R² = 0,998; ⁵Y = 8,352 + 1800x + 4,710x², R² = 0,941; ⁶Y = 6,137 + 10,646x – 3,320x², R² = 0,997; ⁷Y = 0,542 + 8807x + 2,303x², R² = 0,913; ⁸Y = 5,018 – 0,044x, R² = 0,713; ⁹Y = -0,1133 + 0,048x, R² = 0,832.

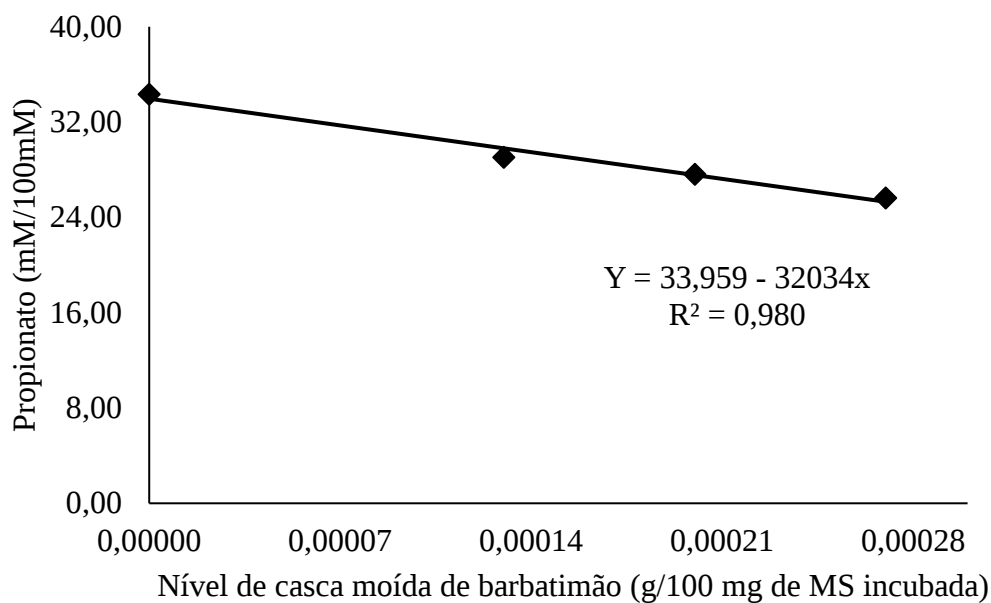


Figura 3 Produção de propionato em função dos níveis de casca seca de barbatimão

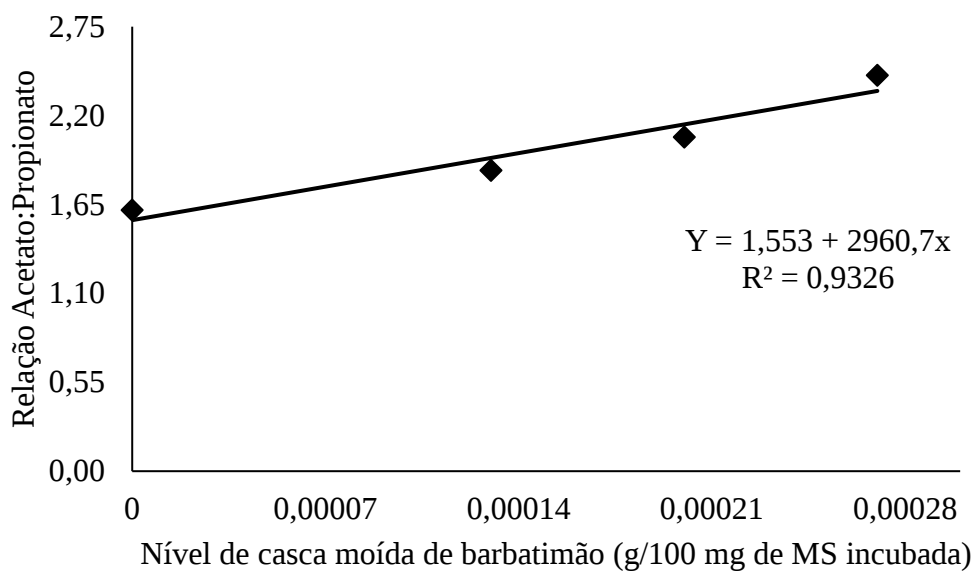


Figura 4 Relação acetato:propionato em função dos níveis de casca seca de barbatimão

CAPÍTULO III

OLEORRESINA DE COPAÍBA (*Copaifera reticulata*) NA DIETA DE CORDEIROS EM TERMINAÇÃO: EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE

Capítulo formatado conforme as normas da revista Archives of Animal Nutrition

Oleorresina de copaíba (*Copaifera reticulata*) na dieta de cordeiros em terminação: Efeitos sobre as características de carcaça e qualidade da carne

Aylpy Renan Dutra Santos^a, Cristiane Rebouças Barbosa^a, Carla Gizelly de Souza^a, Marcio Rodrigues de Souza^b, Tatiane Fernandes^c, Fernando Miranda de Vargas Junior^{a*}

^a*Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil;* ^b*Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Brasil;* ^c*Escola de Ciência Animal, Instituto Politécnico de Virginia e Universidade Estadual, Blacksburg, Estados Unidos*

*Autor correspondente: fernandomvargas@gmail.com

Oleorresina de copaíba (*Copaifera reticulata*) na dieta de cordeiros em terminação: Efeitos sobre as características de carcaça e qualidade da carne

Objetivou-se avaliar os efeitos da oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento alimentados com dieta rica em concentrado. Vinte e quatro cordeiros da raça Pantaneira com 152 dias de idade e $21,2 \pm 3,9$ kg de peso corporal inicial foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com três tratamentos (LAS - 0,019 g de lasalocida sódica/kg da dieta; OC05 - 0,5 ml de oleorresina de copaíba/animal/dia; OC1 - 1,0 ml de oleorresina de copaíba/animal/dia) e oito repetições. O peso de carcaça quente, peso de carcaça fria e o rendimento de carcaça fria foram superiores ($P < 0,05$) em LAS e OC1 em comparação a OC05. As carcaças oriundas de LAS apresentaram maior estado de engorduramento ($P < 0,05$) em comparação à OC05. As inclusões de OC05 e OC1 na dieta reduziram ($P < 0,05$) os valores referentes ao pH final das carcaças. Os resultados deste estudo indicam que a oleorresina de copaíba pode substituir a lasalocida sódica na dieta de cordeiros em terminação sem causar impactos negativos sobre as características de carcaça e qualidade da carne.

Palavras-chave: biocompostos ativos; terpenos; β -cariofileno; ionóforos

Introdução

A utilização de ionóforos como aditivos dietéticos constitui uma importante estratégia para aumento da produtividade em sistemas de produção de ruminantes. Quando incluídos na dieta, estes aditivos proporcionam uma fermentação ruminal mais eficiente, otimizando o uso da energia e proteína da dieta (Russel, 1987; Golder e Lean, 2016; Marques e Cooke, 2021) e potencializando o desempenho animal. Entretanto, o uso de ionóforos na nutrição de ruminantes como promotores de crescimento tornou-se uma questão preocupante ao redor do mundo. Isto se deve em especial ao surgimento de microrganismos resistentes e à presença de resíduos nos produtos, o que caracteriza um problema para a saúde humana (Russell e Houlihan, 2003; Chattopadhyay, 2014; Orzuna-Orzuna et al., 2021).

Nesse sentido, diversos biocompostos ativos de plantas têm sido amplamente investigados quanto ao seu uso como potenciais substitutos dos ionóforos na alimentação de ruminantes (Moura et al., 2017; Monteschio et al., 2017; Silva et al., 2023; Barbosa et al., 2023). Tem sido bem documentado que devido às suas propriedades antimicrobianas, estes biocompostos são capazes de modular a fermentação ruminal (Gunal et al., 2014; Parvar et al., 2018; Frutos et al., 2020), alterando o consumo, desempenho produtivo (Ahnert et al., 2015; Shaaban et al., 2021) e qualidade da carne dos animais (Rivarolli et al., 2016; Orzuna-Orzuna et al., 2022).

A oleorresina de copaíba é um exsudato extraído do tronco de árvores pertencentes ao gênero *Copaifera spp*, o qual apresenta mais de 72 espécies catalogadas no mundo, sendo que 16 são encontradas exclusivamente no Brasil (Veiga-Junior e Pinto, 2002). Dentre as espécies exploradas para a produção de oleorresina, a *Copaifera reticulata* constitui a principal, representando 70% de toda oleorresina produzida mundialmente (Veiga-Junior et al., 2007). Na região amazônica, a oleorresina de copaíba é amplamente utilizada na medicina popular (Veiga-Junior et al., 2007; Trindade et al., 2018) em razão das suas propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas (Abrão et al., 2015). Estas propriedades lhes são garantidas devido à presença de biocompostos ativos, destacando-se os sesquiterpenos, os quais podem representar até 80% de sua composição (Cardinelli et al., 2023). Dentre os constituintes sesquiterpênicos, o β -cariofileno é o que se encontra em maior concentração (Leandro et al., 2012). Na literatura, este biocomposto tem demonstrado efeitos negativos contra bactérias gram-positivas (Pieri et al., 2016; Yoo e Jwa, 2018; Moo et al., 2020).

Por conta disso, a oleorresina de copaíba foi avaliada em alguns estudos como um potencial aditivo na nutrição de ruminantes, resultando em alterações na digestibilidade *in vitro* (Oliveira et al., 2020; Lemos et al., 2021) e melhorias

relacionadas ao desempenho produtivo (Moura et al., 2017; Lima et al., 2018). As mudanças proporcionadas por bicompostos de plantas sobre o desempenho animal podem influenciar as características de carcaça e qualidade da carne. Ante o exposto, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento alimentados com dieta rica em concentrado.

Material e métodos

Local e Procedimentos Experimentais

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa em Ovinocultura (CPO), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Grande Dourados, sob o protocolo de número 032.2020.

Obtenção e Análise da Oleorresina de Copaíba

A oleorresina de copaíba (OC) utilizada no presente estudo pertence à espécie *Copaifera reticulata* e foi cedida pelo Banco de Óleos do Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). A OC foi coletada na Floresta Nacional do Tapajós localizada no estado brasileiro do Pará, durante o período chuvoso. Após a coleta, a oleorresina foi submetida a sucessivas análises laboratoriais com o intuito de confirmar a presença e o percentual dos seus principais compostos bioativos, em especial o β -cariofileno.

Animais, Dietas Experimentais e Manejo

Um total de vinte e quatro cordeiros (machos não-castrados) da raça Pantaneira com peso corporal inicial de $21,2 \pm 3,9$ kg e 152 dias de idade foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com três tratamentos e oito repetições. O peso foi considerado o fator para a blocagem.

O período experimental teve duração de 56 dias, sendo que os primeiros 14 dias foram destinados à adaptação dos animais às instalações, manejo e dieta e, os demais 42 dias para o experimento propriamente dito. Antes de iniciar o período experimental, os cordeiros foram pesados, identificados e vermifugados (Baycox, 1 ml/3,5 kg de peso corporal).

Cada animal foi alojado em baias individuais de concreto (1,5 m x 1,5 m) com piso de cimento, dispondo de um cocho e um bebedouro. A dieta basal (Tabela 1) utilizada neste experimento continha 20% de volumoso (feno de aveia) e 80% de concentrado (farelo de soja, milho moído e suplemento mineral comercial específico para ovinos), sendo formulada conforme as recomendações do National Research Council (NRC, 2007), visando atender as exigências de cordeiros com ganho de peso diário de 300 g, considerando um consumo de matéria seca de 3,5% em relação ao peso corporal.

A oferta da dieta aos animais aconteceu em dois momentos do dia, sendo às 07:00 e 12:00 horas. A cada três dias, era realizado o ajuste da quantidade ofertada a fim de garantir o mínimo de 5% de sobras, permitindo assim um consumo *ad libitum*.

Os tratamentos utilizados neste estudo foram os seguintes: LAS - 0,0225 g de lasalocida sódica (Taurotec-Zoetis, Campinas-SP, contendo 15% de lasalocida sódica) por kg de dieta; OC05 - 0,5 ml de oleorresina de copaíba/animal/dia; OC1 - 1 ml de oleorresina de copaíba/animal/dia. As doses da OC deste estudo foram definidas

conforme estudos anteriores (Moura et al., 2017), e foram fornecidas aos animais por via oral com o auxílio de uma seringa graduada, antes da primeira refeição, garantindo-se o consumo de OC e evitando a perda de compostos voláteis. LAS foi adicionada à dieta conforme recomendação do fabricante na proporção de 0,150 g/kg de dieta, permitindo o fornecimento de lasalocida sódica na dose de 0,0225 g/kg de dieta. A justificativa para não incluir o controle negativo (sem aditivo) se deve à alta incidência de *Eimeria spp* no local do estudo.

Abate e Avaliação da Carcaça

No último dia do experimento em confinamento, os cordeiros foram submetidos a um jejum de sólidos com duração de 16 horas. Em seguida, os animais foram pesados para determinação do peso corporal ao abate (PCA) e, conduzidos ao abatedouro, onde o abate foi realizado seguindo as normas do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (Brasil, 2000). Os cordeiros foram insensibilizados através de descarga elétrica antes de serem submetidos à sangria. O sangue de cada animal foi pesado individualmente em baldes com pesos conhecidos.

A partir da esfolagem e decapitação, obteve-se o peso da pele e da cabeça dos animais. Após a esfolagem, procedeu-se à evisceração, onde cada órgão foi pesado individualmente para determinação do peso dos constituintes não-carcaça. Os componentes do trato gastrointestinal (TGI) foram pesados cheios e vazios. O conteúdo do TGI, da bexiga e da vesícula biliar foram retirados para determinação do peso do corpo vazio (PCV) e rendimento biológico (RB).

Após a evisceração e amputação, as carcaças foram lavadas e pesadas para determinação do peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça quente (RCQ). Nas carcaças, imediatamente após as pesagens, foram tomadas ainda as medidas do pH (pH inicial) e temperatura interna da carcaça (temperatura inicial) entre a 12ª e 13ª

costela. Feito isso, as carcaças foram acondicionadas em câmara fria a 3 °C por 24 h. O pH (pH final) e a temperatura interna da carcaça (temperatura final) foram aferidos novamente nas mesmas regiões anatômicas descritas anteriormente.

Logo em seguida, as carcaças foram pesadas para determinação do peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF) e perdas por resfriamento (PR). As carcaças foram expostas para avaliação dos índices de conformação e estado de engorduramento. Para a conformação, dois especialistas atribuíram notas para as carcaças com base em uma escala de 1 a 5, com variação de 0,5, onde: 1,0 - muito ruim; 1,5 - pobre; 2,0 - aceitável; 2,5 - médio; 3,0 - bom; 3,5 - muito bom; 4,0 - superior; 4,5 - muito superior e 5,0 - excelente (Selaive-Villarroel e Osório, 2014). Estes dois especialistas também atribuíram notas ao estado de engorduramento com base em uma escala de 1 a 5, permitindo-se variações de 0,5, onde: 1,0 - excessivamente magra; 1,5 - muito magra; 2,0 - magra; 2,5 - ligeiramente magra; 3,0 - normal; 3,5 - ligeiramente engordurada; 4,0 - gorda; 4,5 - muito gorda e 5,0 excessivamente gorda (Osório et al., 2012).

Cada carcaça foi seccionada longitudinalmente em duas meias carcaças com simetria aproximada. A meia carcaça esquerda foi dividida em oito regiões anatômicas ou cortes comerciais: paleta, pescoço, fraldinha, costelas flutuantes, costelas fixas, lombo, pernil e rabo. Cada corte comercial foi pesado para determinação do seu rendimento.

A perna esquerda de cada animal foi submetida à dissecação para determinação da sua composição tecidual (osso, músculo e gordura; Cezar e Sousa, 2007). Durante a dissecação, os músculos da perna que recobrem o fêmur (*Biceps femoris*, *Semitendinosus*, *Adductor*, *Semimembranosus* e *Quadriceps femoris*) foram retirados e pesados separadamente para determinação do índice de musculosidade do pernil (IMP).

Avaliação da Qualidade da Carne

Em cada carcaça, o músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi exposto entre a 12ª e 13ª costela para determinação da área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura (EG). A AOL e EG foram obtidas por meio de fotografias, e analisadas posteriormente através do software ImageJ (Giaretta et al., 2018).

Amostras do *Longissimus thoracis et lumborum* foram retiradas para avaliação das características físicas (cor, perdas por cocção, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento) e químicas (composição centesimal e ácidos graxos) da carne. Para determinação da cor, a carne foi exposta ao ar durante 30 minutos e em seguida, os valores de intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e luminosidade (L^*) foram mensurados por meio de um colorímetro digital (Minolta CR-400, Minolta Co., Osaka, Japão) calibrado no sistema de cor CIELAB (Houben et al., 2000). A partir dessas mensurações, determinou-se o índice de saturação (Chroma; C^*) através da seguinte equação:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

O ângulo de tonalidade (Hue angle; h^*) foi obtido mediante a equação a seguir:

$$h^* = \text{arcotangente } (b^*/a^*) \quad (2)$$

Para determinação da capacidade de retenção de água, uma amostra do *Longissimus* de aproximadamente 2 g foi alocada entre dois papéis-filtro e submetida a uma compressão de 2,250 kg durante 5 minutos, conforme a metodologia descrita por Cañeque e Sañudo (2005). A amostra resultante foi pesada, e através da diferença de peso antes e depois da compressão, obteve-se a quantidade de água perdida procedeu-se a determinação da capacidade de retenção de água.

Os valores referentes às perdas de água por cocção (PPC), foram obtidos conforme a metodologia citada por Duckett et al. (1998). Para isto, as amostras de carne

foram pesadas e alocadas em forno elétrico previamente aquecido à 170 °C, até alcançarem 70 °C no seu centro geométrico. Para monitoramento desta temperatura, utilizou-se um termômetro digital. Posteriormente, as amostras foram pesadas e as perdas de peso foram calculadas pela relação entre a diferença de peso e o peso inicial, sendo expressas em porcentagem.

Após a pesagem das amostras para obtenção de PPC, três cilindros de cada amostra de carne foram retirados na direção das fibras com o auxílio de um vazador padronizado de 1,3 cm de diâmetro. Os cilindros foram cortados transversalmente em um texturômetro equipado com uma lâmina tipo Warner-Bratzler. O pico da força de cisalhamento (FC) foi registrado em kg.f, e as médias foram obtidas a partir dos valores dos três cilindros de cada amostra (Osório et al., 2008).

A composição química do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi analisada de acordo com a metodologia da AOAC (1990), determinando-se a proteína pelo método micro Kjeldahl (ID 981.10), extrato etéreo por meio do Soxhlet (ID 920.39), umidade (ID 934.01) e cinzas (ID 930.05) através de estufa e forno mufla, respectivamente.

Para determinação do perfil de ácidos graxos, a amostra do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi liofilizada por um período de 72 horas e em seguida moída em um processador de alimentos. Os lipídios totais da carne foram extraídos por meio de uma solução de diclorometano e metanol (2:1), e em seguida foram convertidos em ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) com o uso de uma combinação de catálise básica e ácida (Oliveira et al., 2016).

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram determinados através de cromatografia gasosa, adotando-se curvas de calibração por meio de um cromatógrafo de gás-líquido (Shimadzu GC 2010 Plus, Kyoto, Japão), o qual foi equipado com

detetor de ionização de chama e coluna capilar (SP-2560, 100 m x 0,25 mm x 0,20 μ m, Supelco inc., Bellefonte, PA, EUA). O injetor e o detector do cromatógrafo foram mantidos a 250 °C e utilizou-se o gás hélio como gás de arraste com fluxo constante de 1 ml/minuto, sendo injetada 1 μ l de amostra. Inicialmente, o forno foi programado a uma temperatura de 50 °C, a qual foi mantida por 1 minuto. Em seguida, a temperatura foi aumentada até 150 °C, permanecendo durante 20 minutos. Logo após, houve elevação da temperatura de 1 °C/minuto até aos 190 °C e, finalmente, aumentou-se a 2 °C/minutos até aos 220 °C, permanecendo nesta temperatura durante 40 minutos (Oliveira et al., 2016).

A identificação de EMAG ocorreu por meio da análise da coluna capilar dos cromatogramas, comparando-se os tempos de retenção de EMAG com os de padrões autênticos (componentes FAME 37 de Supelco inc., Bellefont, PA, EUA) e por comparação com cromatogramas publicados (Alves e Bessa, 2014).

Análise estatística

Os dados foram analisados com o auxílio do pacote estatístico ExpDes do Programa R-Studio (version 1.2.5001; Rstudio, Inc., Boston, MA, EUA), com exceção para os dados referentes à conformação e estado de engorduramento da carcaça, os quais foram analisados pelo proc npar1way (SAS University Edition). A homogeneidade das variâncias foi checada para cada variável.

As médias foram comparadas pelo teste Tukey considerando um $P < 0,05$ para consideração de significância entre as médias. O modelo estatístico incluiu o tratamento como efeito fixo e o bloco como efeito aleatório.

Resultados

Dentre os compostos bioativos determinados, o β -Cariofileno foi o que apresentou

maior concentração com 22,3%, seguido do α -Bergamoteno, γ -Macrocarpino e β -Selineno, representando 20,8; 15,1 e 13,0% da oleorresina de copaíba (OC; Tabela 2).

O peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF) e o rendimento de carcaça fria (PCF) foram superiores ($P<0,05$) com a adição de lasalocida sódica (LAS) e 1,0 ml de oleorresina de copaíba (OC1) em comparação ao tratamento com 0,5 ml de oleorresina de copaíba (OC05) (Tabela 4).

Da mesma forma, LAS proporcionou maiores valores de conformação ($P<0,05$), sendo 26,4 e 19,7% superior em relação à OC05 e OC1, respectivamente. As carcaças oriundas de LAS apresentaram maior estado de engorduramento ($P<0,05$) em comparação à OC05. OC1 não diferiu dos demais tratamentos.

Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para os rendimentos dos componentes não-carcaça ($P>0,05$) (Tabela 5). Da mesma forma, os rendimentos dos cortes comerciais (Tabela 6) também não foram influenciados pelos tratamentos estudados ($P>0,05$). Destaca-se que dentre os cortes comerciais, em ambos os tratamentos, a paleta e o pernil compuseram mais de 50% do peso da carcaça dos cordeiros.

Os tratamentos testados não alteraram ($P<0,05$) o desenvolvimento dos tecidos constituintes do pernil. Dessa maneira, a composição tecidual (músculo, gordura, osso e outros tecidos) foi similar entre os tratamentos (Tabela 7).

Os resultados referentes aos parâmetros físicos do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* dos cordeiros estão dispostos na Tabela 8. A luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), Chroma e Hue angle não foram afetados pelos tratamentos. A inclusão das doses de OC na dieta reduziu ($P<0,05$) os valores referentes ao pH final (24 horas após o abate) em comparação à dieta com

LAS. Semelhantemente, a temperatura final (24 horas após o abate) apresentou este mesmo comportamento entre os tratamentos.

Quanto à composição química da carne (umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral), apenas o teor de proteína bruta (PB) foi influenciado pelos tratamentos ($P < 0,05$), onde LAS apresentou valores superiores em comparação à OC05 e OC1, os quais não diferiram entre si (Tabela 9).

A Tabela 10 apresenta os resultados referentes ao perfil de ácidos graxos da carne dos cordeiros em função dos diferentes tratamentos. A concentração de ácido graxo gordo (C20:1), eicosadienoico (C20:3n-3) e di-homo- α -linolênico (C20:2n-6) diferiram em função da adição de OC na dieta. No geral, a concentração destes ácidos graxos na carne foi maior com a adição de LAS quando comparado à OC05 e OC1. Os demais parâmetros relacionados ao perfil de ácidos graxos da carne não foram afetados pelos tratamentos testados ($P > 0,05$).

Discussão

Os biocompostos ativos de plantas quando presentes na dieta de ruminantes possuem potencial de manipular o processo de fermentação ruminal e assim, melhorar o desempenho produtivo (Calsamiglia et al., 2007; Ornaghi et al., 2017; Moura et al., 2017; Orzuna-Orzuna et al., 2022). No presente estudo, as doses de OC não alteraram o desempenho animal em relação à dieta com LAS (Pantoja, 2021), contudo, OC1 e LAS proporcionaram resultados superiores em comparação a OC05 quanto ao PCQ, PCF e RCF.

Moura et al. (2017) conduziram um estudo avaliando a inclusão de OC na dieta de cordeiros em terminação e verificaram que as características de carcaça não foram modificadas pela presença de OC na dieta. Da mesma forma, Monteschio et al. (2017)

também não observaram alterações nas características de carcaça quando uma mistura de óleos essenciais ricos em terpenos foi adicionada na dieta de novilhas em terminação.

Possivelmente, as melhorias proporcionadas por OC1 e LAS sobre as características de carcaça se deve ao aumento da deposição de gordura na carcaça, visto que o estado de engorduramento das carcaças aumentou em função destes tratamentos.

Em comparação com as carcaças dos cordeiros suplementados com OC05, OC1 e LAS aumentaram o estado de engorduramento das carcaças em 11,2 e 23,3%, respectivamente. Dorantes-Iturbides et al. (2022) também observaram elevação no teor de gordura subcutânea da carcaça de cordeiros alimentados com doses crescentes de uma mistura de ervas em dietas com 80,6% de concentrado. Tais resultados sugerem que o alto nível de inclusão de concentrado na dieta potencializa a ação de biocompostos ativos de plantas quanto à expressão de genes ligados à lipogênese (Calsamiglia et al., 2007; Liang et al., 2020; Dorantes-Iturbides et al., 2022).

Hipoteticamente, os efeitos superiores de OC1 comparado à OC05 em relação às características de carcaça são decorrentes do maior fornecimento de biocompostos, em especial o β -cariofileno via este tratamento. É importante destacar que compostos bioativos podem ter seus efeitos limitados quando inclusos em doses baixas na dieta de ruminantes, pois os microrganismos ruminais podem degradá-los parcialmente (Benchaar e Greathead, 2011; Pouloupoulou e Hadjigeorgiou, 2021), o que pode ter ocorrido em OC05.

No presente estudo, apesar da inclusão de OC1 e LAS ter aumentado o rendimento de carcaça fria em comparação a OC05, o rendimento dos cortes comerciais foi semelhante entre os tratamentos. Ao avaliar o rendimento dos cortes comerciais oriundos de carcaças de cordeiros suplementados com monensina e diferentes doses de

OC (0,5; 1,0 e 1,5 g/kg de MS), Moura et al. (2017) observaram que a maior dose de OC provocou redução no peso do pernil em comparação aos demais tratamentos.

Os percentuais de músculo, gordura, osso e outros tecidos foram similares entre os tratamentos, apresentando valores médios de 56,9; 10,6; 19,2 e 9,7%, respectivamente. A ausência de efeitos de biocompostos ativos de plantas sobre a composição tecidual tem sido bem documentada em estudos anteriores (Ornaghi et al., 2017; Yagoubi et al., 2018; Arteaga-Wences et al., 2021).

O pH desempenha um papel de extrema importância sobre a qualidade da carne. No presente estudo, o pH das carcaças dos cordeiros alimentados com as doses de OC foi menor em relação à LAS, concordando com os resultados obtidos por Orzuna-Orzuna et al. (2021), os quais reportaram que a presença de taninos hidrolisáveis na dieta reduziu o pH da carne de cordeiros.

A maior temperatura das carcaças dos animais suplementados com LAS é justificada pelo maior teor de gordura que essas carcaças possuíam. A gordura atua como um isolante térmico, e por isto, quanto maior o teor de gordura da carcaça, maior será sua temperatura. Hipoteticamente, as menores temperaturas das carcaças pertencentes aos tratamentos com OC explicam o maior rebaixamento do pH das carcaças, uma vez que as reações bioquímicas que ocorrem no músculo são aceleradas em temperaturas mais baixas (Gomide et al., 2013).

Apesar de OC05 e OC1 terem diminuído o pH da carne, as perdas por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento (FC) e os parâmetros relacionados à cor não foram afetados. Em todos os tratamentos, a L* esteve acima de 34, valor que qualifica a carne como sendo aceitável pelos consumidores (Khlijji et al., 2010). Os valores referentes à L*, a*, b*, Chroma e Hue angle estão de acordo com os obtidos por Barbosa et al. (2023) em um estudo recente com cordeiros

pantaneiros alimentados com aditivos oriundos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron* sp.) como fonte de taninos. Barbosa et al. (2023) constataram que a inclusão de extrato hidroalcólico da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica reduziu a intensidade de amarelo da carne de cordeiros. Segundo os autores, isto ocorreu devido às propriedades antioxidantes dos taninos presente na casca de barbatimão. O β -cariofileno é descrito na literatura como antioxidante (Dahham et al., 2015), contudo, sua alta concentração em OC, não foi o suficiente para alterar a cor da carne.

Comparados à LAS, os tratamentos OC05 e OC1 reduziram o teor de PB da carne em 6,7 e 7,2%, respectivamente. Estes resultados são consistentes com os relatados por Shaaban et al. (2021) em um estudo com cordeiros alimentados com dietas contendo aipo ou tomilho. Provavelmente, a redução no teor de PB pode ser explicada pela menor concentração de amônia ruminal provocada pelas doses de OC (Pantoja, 2021). O teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral obtidos no presente estudo estão de acordo com os relatados na literatura para ovinos pantaneiros (Mora et al., 2015; Monteschio et al., 2018; Hirata et al., 2019).

Os biocompostos ativos de plantas têm sido descritos como potenciais inibidores do processo de biohidrogenação ruminal (BHR), o que proporciona alterações no perfil de ácidos graxos da carne (Dias-Junior et al., 2022). Apesar da similaridade entre os tratamentos do presente estudo, a concentração de ácidos graxos saturados (AGS) da carne é inferior aos valores médios de 46,3 e 44,9% descritos por Leonardo (2014) e Mora et al. (2016), respectivamente, em trabalhos com ovinos pantaneiros. Este resultado sugere que LAS, assim como os biocompostos ativos presentes na oleorresina de copaíba, em especial o β -cariofileno, são capazes de inibir o crescimento de bactérias responsáveis pela BHR, diminuindo o teor de AGS da carne. A oleorresina de copaíba

tem suas propriedades antimicrobianas atribuídas ao β -cariofileno, o qual apresenta alta atividade contra bactérias gram-positivas (Pieri et al., 2016; Yoo e Jwa, 2018; Moo et al., 2020).

A menor proporção de AGS observada no presente estudo é benéfica, isto porque o consumo de ácidos graxos saturados, principalmente aqueles que possuem de 8 a 16 átomos de carbono, resulta em hipercolesterolemia, obesidade e aumento da concentração sérica de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), as quais estão associadas ao aparecimento de doenças cardiovasculares (DCV; Grundy, 2013; Mora et al., 2016).

Tem sido bem documentado que as bactérias do gênero *Butyrivibrio* desempenham papel fundamental na BHR, principalmente na etapa de isomerização do ácido linoléico (C18:2n-6) e ácido linolênico (C18:3n-3). Por serem gram-positivas, estas bactérias têm sua ação sobre a BHR diminuída quando moduladores ruminais são adicionados à dieta (Chen e Wolin, 1979; Wallace et al., 2007; Vasta et al., 2019). Gunal et al. (2014) constataram uma diminuição na taxa de BHR do C18:2n-6 em um experimento *in vitro* onde se avaliou os efeitos de óleos essenciais.

Os efeitos inibitórios de LAS e OC sobre a BHR pode ser indicada pelo teor médio de ácido heptadecanóico (C17:0) obtido no presente estudo (1,12%), o qual é consideravelmente inferior ao descrito na literatura para ovinos pantaneiros (Leonardo, 2014). De acordo com Dias-Junior et al. (2022), a proporção de C17:0 em produtos de ruminantes tem relação direta com a população de *Butyrivibrio* no rúmen, pois estas bactérias possuem uma concentração significativa deste ácido graxo (AG) em sua constituição. Nesse sentido, a redução de C17:0 na carne indica que a presença dos biocompostos ativos presentes na OC inibiu o crescimento deste grupo de bactérias.

Devido à possível redução na BHR, o percentual de ácidos graxos monoinsaturados e polinsaturados deste estudo é relativamente alto em comparação a estudos anteriores com ovinos pantaneiros (Leonardo, 2014; Mora et al., 2016). Este resultado sugere que devido aos efeitos deletérios de LAS e dos biocompostos presentes em OC sobre a BHR, houve um maior escape de ácidos graxos monoinsaturados e polinsaturados para o abomaso, aumentando sua deposição na carne.

A BHR não é um processo totalmente eficiente, e por isto, alguns intermediários são formados em sua extensão e acabam escapando da BHR completa. Dentre estes, há de se destacar o C18:2c9t11 (CLA). Na literatura tem sido bem documentado que o consumo de CLA por humanos promove diversos benefícios à saúde, incluindo prevenção de doenças cardiovasculares (Den Hartigh, 2019; Basak e Duttaroy, 2020). No presente estudo, o percentual de CLA na carne encontrou-se abaixo dos valores relatados para ovinos pantaneiros (Leonardo, 2014; Mora et al., 2016). Isto sugere que LAS e OC afetaram a população ruminal de *Butyrivibrio*, uma vez que o CLA é formado no rúmen durante a etapa de isomerização do C18:2, e esta etapa é realizada por bactérias pertencentes a este grupo (Vasta et al., 2019).

No presente estudo, C18:1c9 foi o ácido graxo mais representativo da carne, seguido por C16:0 e C18:0, concordando com estudos anteriores envolvendo a carne ovina (Bezerra et al., 2016; Polidori et al., 2017; Webb et al., 2022). O maior percentual de C18:1c9 na carne tem grande relevância, pois este ácido graxo é hipocolesterolêmico, atuando na redução da concentração sérica de LDL.

A relação entre os ácidos graxos polinsaturados:saturados indica a qualidade nutricional das gorduras (Webb et al., 2022). No presente estudo, a relação observada (0,17 - 0,19) está abaixo da recomendação de 0,40 de Wood et al. (2003). Entretanto, é importante destacar que normalmente, a relação entre ácidos graxos

polinsaturados:saturados na carne é baixa, aproximadamente 0,10 (Wood et al., 2003; Scollan et al., 2005; Bezerra et al., 2016).

Geralmente, a relação n-6:n-3 é usada como indicativo de doenças cardiovasculares (Webb et al., 2022). No presente estudo, os valores referentes a esta relação são extremamente indesejáveis, pois segundo Patterson et al. (2012), o ideal é que a relação n-6:n-3 esteja situada entre 1-4:1. Possivelmente, a alta relação n-6:n-3 na carne é entendida como sendo resultado da quantidade relativamente baixa de inclusão de ácido linolênico (C18:3n-3) na dieta (Tabela 3). O ácido linolênico está presente principalmente em forragens (Lourenço et al., 2008) e, no presente estudo, este volumoso representou apenas 20% da composição total da dieta. Em um estudo recente, Dias-Junior et al. (2023) também encontraram valores elevados (13,5) para a relação n-6:n-3 da carne de cordeiros alimentados com óleos essenciais de *Arnica montana* como aditivos dietéticos.

Neste estudo consideramos como destaque positivo o fato de diversos parâmetros estudados terem apresentado resultados semelhantes ao tratamento controle (LAS) em relação aos dois níveis de OC testados. Este fato indica o potencial da oleorresina de copaíba de substituir a lasalocida sódica na dieta de cordeiros em terminação sem causar impactos negativos sobre as características de carcaça e qualidade da carne. Destaca-se que a oleorresina de copaíba consiste em um aditivo natural composto por vários compostos bioativos, portanto, é esperado que seu modo de ação não resulte em aumento de microrganismos resistentes.

Outro ponto que se destacar nesta pesquisa é que a metodologia utilizada de fornecer o OC de forma oral garantiu um consumo padrão dos compostos bioativos entre todos os animais, independentemente do consumo individual da dieta/animal.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Brasília, DF, Brasil) e à Fundação de Amparo ao Desenvolvimento da Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Aprovação ética

Todos os procedimentos realizados que envolveram animais estavam de acordo com os padrões éticos da instituição.

Referências

- Abrão F, Costa LDA, Alves JM, Senedese JM, Castro PT. (2015). *Copaifera langsdorffii* oleoresin and its isolated compounds: Antibacterial effect and antiproliferative activity in cancer cell lines. BMC Complementary and Alternative Medicine. 15(1):1-10.
- Alves SP, Bessa RJB. (2014). The trans -10,cis -15 18:2: a missing intermediate of trans-10 shifted rumen biohydrogenation pathway? Lipids. 49:27-541.
- Arteaga-Wences YJ, Estrada A, Ríos-Rincón FG, Castro-Perez B, Mendoza-Cortez DA, Manriquez O, Barreras-Serrano A, Corona L, Zinn R, Perea-Domínguez XP, Plascencia A. (2021). The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. Small Ruminant Research. 205:106557.
- Association of Official Analytical Chemists. (1990). Official Methods of Analysis. 17th ed. Gaithersburg (MD): AOAC.
- Barbosa CR, Pantoja JC, Fernandes T, Chagas RA, Souza CG, Santos ARD, Souza MR, Vargas-Junior FM. (2023). Bioactive Compounds of Barbatimão (*Stryphnodendron* sp.) as Dietary Additive in Lamb Diets. Agriculture. 13:664.
- Basak S, Duttaroy AK. (2020). Conjugated linoleic acid and its beneficial effects in obesity, cardiovascular disease, and cancer. Nutrients. 12(7):1913.

- Benchaar C, Greathead H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 166:338-355.
- Bezerra LS, Barbosa AM, Carvalho GGP, Simionato JI, Freitas-Junior JE, Araújo MLGML, Pereira L, Silva RR, Lacerda ECQ, Carvalho BMA. (2016). Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. *Meat Science*. 121:88-95.
- Brasil. (2000). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3. [accessed 2022 April 28].
<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-3-de-1701-2000,661.html>.
- Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, Ferret A. (2007). Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*. 90(6):2580-2595.
- Cañeque V, Sañudo C. (2005). Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid (ES): Instituto Nacional de Investigación y Tecnología y Alimentaria.
- Cardinelli CC, Silva JEA, Ribeiro R, Veiga-Junior VF, Santos EP, Freitas ZMF. (2023). Toxicological Effects of Copaiba Oil (*Copaifera* spp.) and Its Active Components. *Plants*. 12:1054.
- Cezar MF, Sousa WH. (2007). Carcaças Ovinas e Caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Uberaba (MG): Agropecuária Tropical.
- Chattopadhyay MK. (2014). Use of antibiotics as feed additives: a burning question. *Frontiers in Microbiology*. 2(5):334.
- Chen M, Wolin MJ. (1979). Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 38(1):72-77.
- Dahham SS, Tabana YM, Iqbal MA, Ahamed MB, Ezzat MO, Majid AS, Majid AM. (2015). The Anticancer, Antioxidant and Antimicrobial Properties of the Sesquiterpene β -Caryophyllene from the Essential Oil of *Aquilaria crassna*. *Molecules*. 20(7):11808-11829.
- Den Hartigh LJ. (2019). Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. *Nutrients*. 11(2):370.

- Dias-Junior PCG, Santos IJ, Silva ALA, Assis RG, Vicente ACS, Carlis MSP, Soares LCB, Comelli JH, Biava JS, Araujo RC, Pires AV, Ferreira EM. (2023). Essential oil from *Arnica montana* on feedlot performance, ingestive behavior, carcass characteristics, rumen morphometrics characteristics and meat fatty acids profile of lambs. *Small Ruminant Research*. 220:1-11.
- Dorantes-Iturbide G, Orzuna-Orzuna JF, Lara-Bueno A, Miranda-Romero LA, Mendoza-Martínez GD, Hernández-García PA. (2022). Effects of a Polyherbal Dietary Additive on Performance, Dietary Energetics, Carcass Traits, and Blood Metabolites of Finishing Lambs. *Metabolites*. 12:413.
- Duckett SK, Klein TA, Dodson MV, Snowden GD. (1998). Tenderness of normal and callipyge lamb aged fresh or after freezing. *Meat Science*. 49(1):19-26
- Frutos P, Hervás G, Natalello A, Luciano G, Fondevila M, Priolo A, Toral PG. (2020). Ability of tannins to modulate ruminal lipid metabolism and milk and meat fatty acid profiles. *Animal Feed Science and Technology*. 269:114623.
- Giaretta E, Mordenti AL, Canestrari G, Brogna N, Palmonari A, Formigoni A. (2018). Assessment of muscle *Longissimus thoracis et lumborum* marbling by image analysis and relationships between meat quality parameters. *PLoS ONE*. 13(8):1-12.
- Golder HM, Lean IJ. (2016). A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. *Journal of Animal Science*. 94:306-326.
- Gomide LAM, Ramos EM, Fontes PR. (2013). *Ciência e Qualidade da Carne: Fundamentos*. Viçosa (MG): Editora UFV.
- Gunal M, Ishlak A, Abu-Ghazaleh AA, Khattab W. (2014). Essential oils effect on rumen fermentation and biohydrogenation under *in vitro* conditions. *Czech Journal of Animal Science*. 59(10):450-459.
- Grundy SM. (2013). Cholesterol: Factors Determining Blood Levels. In: Benjamin Caballero, editor (s). *Encyclopedia of Human Nutrition*. 3rd ed. Academic Press; p.335-340.
- Hirata ASO, Fernandes ARM, Fuzikawa IHS, Vargas Junior FM, Ricardo HÁ, Cardoso CAL, Alves LGC, Zagonel NGT. (2019). Meat quality of Pantaneiro lambs at different body weights. *Semin: Ciências Agrárias*. 40:427-442.

- Houben JH, Van DA, Eikelenboom G, Hoving-Bolink AH. (2000). Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. *Meat Science*. 55:331-336.
- Leandro LM, Vargas FS, Barbosa PCS, Neves JKO, Silva JA, Veiga-Junior VF. (2012). Chemistry and Biological Activities of Terpenoids from Copaiba (*Copaifera* spp.) Oleoresins. *Molecules*. 17:3866-3889.
- Leonardo AP. (2014). Composição dos ácidos graxos e teor de colesterol da carne de ovinos pantaneiro [Dissertação de Mestrado]. Dourados (MS): Universidade Federal da Grande Dourados.
- Khlij S, Van de Ven R, Lamb TA, Lanza M, Hopkins DL. (2010). Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. *Meat Science*. 85:224-229.
- Liang H, Xu L, Zhao X, Pan K, Yi Z, Bai J, Qi X, Xin J, Li M, Ouyang K, Song X, Liu C, Qu M. (2020). RNA-Seq analysis reveals the potential molecular mechanisms of daidzein on adipogenesis in subcutaneous adipose tissue of finishing Xianan beef cattle. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 104(1):1-11.
- Lima FEOD, Goes RHDT, Gandra JR, Penha DDS, Oliveira RTD, Gressler MGDM, Silva TIS, Silva NG. (2018). Inclusion of copaiba oil (*Copaifera* sp.) as additive in supplements for cattle on pasture. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 19:178-192.
- Marques RS, Cooke RF. (2021). Effects of Ionophores on Ruminal Function of Beef Cattle. *Animals*. 11:2871.
- Monteschio JO, Burin PC, Leonardo AP, Fausto DA, Silva ALA, Ricardo HDA, Silva MC, Souza MR, Vargas-Junior FM. (2018). Different physiological stages and breeding systems related to the variability of meat quality of indigenous Pantaneiro sheep. *PloS one*. 13(2):191668.
- Monteschio JO, Souza KA, Vital ACP, Guerrero A, Valero MV, Kempinski EMBC, Barcelos VC, Nascimento KF, Prado IN. (2017). Clove and rosemary essential oils and encapsuled active principles (eugenol, thymol and vanillin blend) on meat quality of feedlot-finished heifers. *Meat Science*. 130:50-57.
- Moo CL, Yang SK, Osman MA, Yuswan MH, Loh JY, Lim WM, Lim SH, Lai KS. (2020). Antibacterial Activity and Mode of Action of β -caryophyllene on *Bacillus cereus*. *Polish Journal of Microbiology*. 69(1):1-6.

- Mora NHAP, Macedo FAF, Feihrmann AC, Possamai APS, Torres MG, Mexia AA. (2016). Lipid composition and sensory traits of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thickness. *Acta Science Technology*. 38(2):145-151.
- Moura LV, Oliveira ER, Fernandes ARM, Gabriel AMA, Silva LHX, Takiya CS, Cônsolo NRB, Rodrigues GCG, Lemos T, Gandra JR. (2017). Feed efficiency and carcass traits of feedlot lambs supplemented either monensin or increasing doses of copaiba (*Copaifera* sp.) essential oil. *Animal Feed Science and Technology*. 232:110-118.
- Nascimento GG, Locatelli J, Freitas PC, Silva GL. (2000). Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*. 31:247-256.
- National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, DC: National Academy Press.
- Oliveira MA, Alves SP, Santos-Silva J, Bessa RJB. (2016). Effects of clays used as oil adsorbents in lamb diets on fatty acid composition of abomasal digesta and meat. *Animal Feed Science and Technology*. 213:64-73.
- Oliveira ER, Abreu FSS, Marques OFC, Silva JT, Durães HF, Neves NF, Gandra ERS, Gandra JR. (2020). Degradability and digestibility of diets for feedlot lambs supplemented with increasing levels of Copaiba oil (*Copaifera* sp). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 3(3):2152-2164.
- Ornaghi MG, Passetti RAC, Torrecilhas JA, Mottin M, Vital ACP, Guerrero A, Sañudo C, Campo MDM, Prado IN. (2017). Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science and Technology*. 234:274-283.
- Orzuna-Orzuna JF, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Miranda-Romero LA, Mendoza-Martínez GD, Santiago-Figueroa IA. (2022). Meta-Analysis of Essential Oils Use for Beef Cattle Feed: Rumen Fermentation, Blood Metabolites, Meat Quality, Performance and, Environmental and Economic Impact. *Fermentation*. 8:254.
- Orzuna-Orzuna JF, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez GD, Miranda-Romero LA, Lee-Rangel HA. (2021). Growth Performance, Meat

- Quality and Antioxidant Status of Sheep Supplemented with Tannins: A Meta-Analysis. *Animals*. 11:3184.
- Osório MTM, Osório JCS, Silva Sobrinho AG. (2008). Avaliação instrumental da carne ovina. In: Silva Sobrinho AG, Sañudo C, Osório JCS, Arribas MMC, Osório MTM, editors. Produção de carne ovina. Jaboticabal (SP): Funep; p.129-176.
- Osório JCS, Osório MTM, Ferreira OGL, Varga-Junior FM, Fernandes ARM, Almeida RH, Alves LGC, Orrico Júnior MAPO. (2012). Avaliação da carcaça de caprinos e ovinos. *Pubvet*. 6:1-30.
- Pantoja JC. (2021). Oleorresina da copaíba como aditivo em dietas de alto concentrado na terminação de cordeiros. Dissertação [Mestrado em Zootecnia]. Dourados (MS): Universidade Federal da Grande Dourados.
- Patterson E, Wall R, Fitzgerald GF, Ross RP, Stanton C. (2012). Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2012:1-16.
- Parvar R, Ghoorchi T, Kashfi H, Parvar K. (2018). Effect of *Ferulago angulata* (Chavil) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. *Small Ruminant Research*. 167:48-54.
- Pieri FA, Souza MC, Vermelho LL, Vermelho ML, Perciano PG, Vargas FS, Borges AP, da Veiga-Junior VF, Moreira MA. (2016). Use of β -caryophyllene to combat bacterial dental plaque formation in dogs. *BMC Veterinary Research*. 12(1):216.
- Polidori P, Pucciarelli S, Cammertoni N, Polzonetti V, Vincenzetti S. (2017). The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lambs. *Small Ruminant Research*. 155:12-15.
- Poulopoulou I, Hadjigeorgiou I. (2021). Evaluation of Terpenes' Degradation Rates by Rumen Fluid of Adapted and Non-adapted Animals. *Natural Products and Bioprospecting*. 11(3):307-313.
- Rivaroli DC, Guerrero A, Velandia Valero M., Zawadzki, F, Eiras CE, Campo MDM, Prado I. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. *Meat Science*. 121:278–284.
- Russell JB. (1987). A Proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminant bacterial growth: Effects on ion flux and protonmotive force. *Journal of Animal Science*. 64:1519-1525.

- Russell JB, Houlihan AJ. (2003). Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. *FEMS Microbiology Reviews*. 27(1):65-74.
- Scollan ND, Murphy JJ, Moloney AP, Dewhurst RJ, McGilloway DA. (2005). Improving the quality of products from grassland. 23^a International Grassland Congress, 2005, Dublin. Proceedings of the Dublin International Grassland Congress.
- Selaive-Villarreal AB, Osório JCS, editors. (2014). *Produção de Ovinos no Brasil*, 1st ed. São Paulo (SP): ROCA LTDA.
- Silva AS, Cortinhas CS, Acedo TS, Lopes FCF, Arrigoni MB, Tomich TR, Pereira LGR, Ferreira MH, Jaguaribe TL, Weber CT, Morenz MJF. (2023). Effects of essential oils supplementation, associated or not with amylase, on dry matter intake, productive performance, and nitrogen metabolism of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 297:115575.
- Shaaban M, Kholif A & Abd El Tawab A, Radwan M, Hadhoud F, Khattab M, Saleh H, Anele U. (2021). Thyme and celery as potential alternatives to ionophores use in livestock production: their effects on feed utilization, growth performance and meat quality of Barki lambs. *Small Ruminant Research*. 200:106400.
- Trindade R, Silva JK, Setzer WN. (2018). *Copaifera* of the Neotropics: A Review of the Phytochemistry and Pharmacology. *International Journal of Molecular Sciences*. 19:1511-1544.
- Vasta V, Daghighi M, Cappucci A, Buccioni A, Serra A, Viti C, Mele M. (2019). Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *Journal of Dairy Science*. 102(5):3781-3804.
- Veiga-Junior VF, Pinto AC. (2002). O gênero *Copaifera* L.. *Química Nova*. 25:273-286.
- Veiga-Junior VF, Rosas EC, Carvalho MV, Henriques MGMO, Pinto AC. (2007). Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne - A comparative study. *Journal of Ethnopharmacol*. 112:248-254.

- Wallace RJ, McKain N, Shingfield KJ, Devillard E. (2007). Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria. *Journal of Lipid Research*. 48:2247-2254.
- Webb, EC, Hassen A, Olaniyi MO, Pophiwa P. (2022). Effect of Dietary Inclusion of *Azadirachta indica* and *Moringa oleifera* Leaf Extracts on the Carcass Quality and Fatty Acid Composition of Lambs Fed High Forage Total Mixed Rations. *Animals*. 12:2039.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. (2003). Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66:21-32.
- Yagoubi Y, Hajji H, Smeti S, Mahouachi M, Kamoun M, Atti N. (2018). Growth performance, carcass and noncarcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed rosemary distillation residues. *Animal*. 12(11):2407-2414.
- Yoo HJ, Jwa SK. (2018). Inhibitory effects of β -caryophyllene on *Streptococcus mutans* biofilm. *Archives of Oral Biology*. 88:42-46.

Tabela 1. Composição centesimal e química das dietas experimentais.

Ingredientes	Quantidade (%)
Feno	20,00
Milho	63,20
Farelo de soja	15,20
Mineral	0,80
Carbonato de Cálcio	0,80
Composição	
Matéria seca (% da dieta)	89,51
Matéria orgânica (% da MS)	91,82
Proteína bruta (% da MS)	21,02
Extrato etéreo (% da MS)	3,50
Fibra em detergente neutro (% da MS)	24,70
Fibra em detergente ácido (% da MS)	13,78
Carboidratos totais (% da MS)	67,30
Nutrientes digestíveis totais (%)	87,72

Tabela 2. Composição química e componentes bioativos do oleorresina da copaíba.

Índices analíticos	Oleorresina de copaíba
Acidez (mg/g)	86,10 ± 2,02
Saponificação (mg/g)	99,15 ± 0,89
Refração	1,50 ± 0,02
Densidade (g/ml)	0,98 ± 0,003
Viscosidade (Pa-s)	0,28 ± 0,01
Componentes químicos (%)	
β-Cariofileno (C ₁₅ H ₂₄)	22,32
α-Bergamoteno (C ₁₅ H ₂₄)	20,83
γ-Macrocarpino	15,14
β-Selineno (C ₁₅ H ₂₄)	13,06
α-Selineno	6,40
α-Humuleno	3,95
β-Elemeno	3,04
Óxido de Cariofileno (C ₁₅ H ₂₄ O)	2,28
β-Sesquifelandreno	1,97
α-Bisaboleno	1,92
Amorpha-4,7(11)-diene	1,31
Junenol	1,21
β-Farneseno	1,14
Pogostol	1,14
δ-Cadineno (C ₁₅ H ₂₄)	1,08
α-Aromadendreno (C ₁₅ H ₂₄)	0,31
γ-Curcumeno	0,29
α-Copaeno (C ₁₅ H ₂₄)	0,29
β-Curcumeno	0,25
Cariofileno<14-hidroxi-9-epi-(E)->	0,24
γ-Bisaboleno	0,13
α-Bisabolol	0,09
δ-Elemeno	0,05
β-Copaeno	0,04

α -Cedreno (C₁₅H₂₄)0,02

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Ácido graxo (% do total de AG)	Ingredientes		
	Feno de aveia	Concentrado	Oleorresina de copaíba
C16:0 (palmítico)	32,77	15,79	30,30
C18:0 (esteárico)	5,83	2,75	17,74
C18:1c9 (oleico)	22,73	30,71	19,88
C18:1c11 (asclépico)	0,99	0,73	--
C18:2n-6 (linoleico)	21,40	45,29	28,84
C18:3n-3 (α -linolênico)	8,56	1,66	3,22
C20:0 (araquídico)	2,85	0,51	--
Total (mg/g de MS)	8,65	101,62	6,03

Tabela 4. Características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Item	Dietas ¹			CV (%) ²	P ³
	LAS	OC05	OC1		
Peso corporal ao abate (kg)	31,35	29,34	30,22	7,85	0,343
Peso de corpo vazio (kg)	27,55	25,58	25,69	7,51	0,148
Peso de carcaça quente (kg)	15,56a	13,87b	14,43ab	7,14	0,029*
Peso de carcaça fria (kg)	15,02a	13,38b	13,83ab	7,34	0,032*
Perdas por resfriamento (%)	3,51	3,55	4,16	22,12	0,292
Rendimento biológico (%)	56,47	53,83	56,23	3,72	0,065
Rendimento de carcaça quente (%)	49,70	46,89	47,73	4,30	0,064
Rendimento de carcaça fria (%)	47,96a	45,22b	45,74ab	4,20	0,047*
Área de olho de lombo (cm ²)	11,39	8,98	9,55	26,33	0,184
Espessura de gordura subcutânea (mm)	2,90	2,25	2,50	38,86	0,553
Conformação (1-5)	2,25a	1,75b	1,88b	13,47	0,005*
Estado de engorduramento (1-5)	3,06a	2,48b	2,75ab	12,68	0,011*

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleorresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleorresina de copaíba;

²CV: Coeficiente de variação;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 5. Rendimento dos componentes não-carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Item (%)	Dietas ²			CV (%) ³	P ⁴
	LAS	OC05	OC1		
Sangue	3,97	4,32	4,04	6,23	0,083
Cabeça	5,28	5,37	5,23	5,16	0,641
Pele	9,48	9,87	9,64	11,96	0,911
Patas	2,44	2,41	2,31	6,25	0,204
Coração	0,53	0,57	0,54	18,49	0,674
Pulmões e traquéia	2,49	2,30	2,47	11,48	0,232
Fígado	1,87	1,77	1,86	12,64	0,656
Língua	0,33	0,40	0,44	35,10	0,236
Baço	0,14	0,16	0,12	34,40	0,250
Diafragma	0,32	0,30	0,31	36,90	0,912
Rins	0,28	0,28	0,26	10,71	0,430
Aparelho reprodutor	1,19	1,41	1,31	17,73	0,134
TGI vazio ¹	6,92	7,05	6,65	6,42	0,205
Gordura perirrenal	1,54	1,05	1,42	45,74	0,290
Omento	1,69	1,34	1,94	25,57	0,052

¹TGI vazio: Trato gastrointestinal vazio;

²Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleorresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleorresina de copaíba;

³CV: Coeficiente de variação;

⁴Probabilidade pelo teste f.

Tabela 6. Rendimento dos cortes comerciais de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Item (%)	Dietas ¹			CV (%) ²	p ³
	LAS	OC05	OC1		
Pescoço	7,70	6,46	6,74	16,59	0,172
Paleta	18,87	19,29	18,64	7,48	0,642
Baixo	15,29	14,62	14,90	6,80	0,375
Costelas flutuantes	7,78	8,10	8,08	13,20	0,972
Costelas fixas	8,91	10,05	9,73	13,67	0,276
Lombo	8,56	8,17	8,57	12,56	0,721
Pernil	32,39	32,67	32,40	3,71	0,803
Rabo	0,81	0,84	0,86	23,67	0,921

¹Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleorresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleorresina de copaíba;

²CV: Coeficiente de variação;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 7. Composição tecidual do pernil de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Item	Dietas ¹			CV (%) ²	p ³
	LAS	OC05	OC1		
Músculo (%)	56,03	57,56	57,30	9,04	0,850
Gordura (%)	9,87	11,58	10,44	23,43	0,571
Ossos (%)	18,78	18,87	19,98	11,39	0,506
Outros tecidos (%)	10,45	9,20	9,49	16,10	0,174
Relação M:G (g)	5,99	5,32	5,78	26,60	0,787
Relação M:O (g)	3,00	3,08	2,90	11,36	0,585
Índice de musculosidade do pernil	0,41	0,40	0,40	6,82	0,797

¹Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleorresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleorresina de copaíba;

²CV: Coeficiente de variação;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 8. Parâmetros físicos do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Item	Dietas ¹			CV (%) ²	P ³
	LAS	OC05	OC1		
Perdas por cocção (%)	36,65	38,75	35,86	21,06	0,756
Capacidade de retenção de água (%)	77,95	76,84	76,31	4,52	0,555
Força de cisalhamento (kg.f)	4,18	3,43	4,13	17,34	0,085
Luminosidade (L*)	40,11	41,10	40,77	3,16	0,324
Intensidade de vermelho (a*)	16,39	16,17	16,21	7,93	0,996
Intensidade de amarelo (b*)	4,63	4,56	4,72	13,30	0,835
Chroma	17,03	16,80	16,89	8,13	0,993
Hue-angle	15,72	15,75	16,19	8,33	0,675
pH inicial	6,15	6,26	6,30	4,01	0,371
pH final	5,30a	5,12b	5,04b	2,45	0,001*
Temperatura inicial (C°)	34,84	35,01	35,10	5,54	0,994
Temperatura final (C°)	7,52a	6,83b	6,83b	3,81	<0,001*

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleorresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleorresina de copaíba;

²CV: Coeficiente de variação;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 9. Parâmetros químicos do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Item (%)	Dietas ¹			CV (%) ²	P ³
	LAS	OC05	OC1		
Umidade	74,35	74,47	74,73	1,25	0,715
Proteína bruta	21,58a	20,22b	20,13b	3,77	0,005*
Extrato etéreo	4,77	4,91	5,30	33,20	0,787
Matéria mineral	1,17	1,17	1,18	15,12	0,998

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleorresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleorresina de copaíba;

²CV: Coeficiente de variação;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 10. Perfil de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros alimentados com dietas contendo oleorresina de copaíba em substituição à lasalocida sódica.

Ácidos graxos	Dieta ¹			CV ²	P ³
	LAS	OC05	OC1		
Saturados	42,67	42,40	42,96	3,67	0,788
C12:0 (láurico)	0,10	0,10	0,09	28,80	0,675
C14:0 (mirístico)	1,86	1,82	1,84	9,12	0,980
C15:0 (pentadecanóico)	0,33	0,32	0,30	25,75	0,664
C16:0 (palmítico)	22,76	21,83	22,67	3,98	0,109
C17:0 (heptadecanóico)	1,16	1,13	1,08	31,46	0,873
C18:0 (esteárico)	16,34	17,07	16,85	10,26	0,669
C20:0 (araquídico)	0,12	0,12	0,13	20,66	0,842
Monoinsaturados	49,27	49,06	49,22	5,06	0,984
C14:1c9 (miristoleico)	0,06	0,05	0,06	31,71	0,830
C16:1c7	0,29	0,32	0,31	17,23	0,559
C16:1c9/ α -C:17:0	1,94	2,00	2,01	10,21	0,668
C17:1c9 (margarólico)	0,82	0,81	0,78	39,03	0,936
C18:1c9 (oleico)	42,25	41,76	42,40	6,48	0,887
C18:1c11 (ascléptico)	1,16	1,20	1,15	0,989	0,675
C18:1c12	0,23	0,21	0,21	31,47	0,983
C18:1c13	0,05	0,04	0,04	27,89	0,220
C18:1c16	0,04	0,07	0,05	34,76	0,086
C19:1	0,07	0,09	0,08	38,71	0,699
C20:1 (gondóico)	0,09a	0,05b	0,05b	34,20	0,003*
Polinsaturados	7,46	7,88	7,20	28,58	0,827
C18:2n-6 (linoleico)	4,30	4,38	4,09	25,08	0,862
C18:3n-6 (gama-linolênico)	0,07	0,07	0,07	30,20	0,758
C18:3n-3 (α -linolênico)	0,13	0,18	0,16	32,58	0,174
C20:2n-6 (eicosadienóico)	0,03a	0,03a	0,02b	46,54	0,048*
C20:3n-9/18:3c9t11c15	0,33	0,38	0,38	45,33	0,825
C20:3n-6 (di-homo- γ -linolênico)	0,13	0,14	0,13	38,49	0,878
C20:3n-3 (di-homo- α -linolênico)	0,03a	0,01b	0,01b	80,60	0,009*

C20:4n-6 (araquidônico)	1,46	1,56	1,40	48,11	0,905
C20:5n-3 (eicosapentaenóico)	0,07	0,09	0,06	70,53	0,579
C22:4n-6 (docosatetraenóico)	0,17	0,18	0,16	58,52	0,868
C22:5n-3 (docosotrienóico)	0,14	0,15	0,12	52,57	0,597
C22:6n-3 (DHA)	0,03	0,02	0,01	84,09	0,132
Cadeia ramificada	0,60	0,66	0,62	22,23	0,637
<i>i</i> -C15:0	0,06	0,06	0,07	23,66	0,320
<i>ai</i> -C15:0	0,10	0,11	0,11	39,91	0,651
<i>i</i> -C16:0	0,11	0,11	0,10	35,26	0,839
<i>i</i> -C17:0	0,24	0,28	0,25	22,35	0,462
<i>i</i> -C18:0	0,10	0,10	0,09	23,28	0,850
Trans	2,81	3,07	2,63	29,52	0,577
C18:1t6/7/8	0,25	0,27	0,25	20,22	0,699
C18:1t9 (elaídico)	0,20	0,22	0,21	14,14	0,151
C18:1t10	1,03	1,06	0,73	73,67	0,601
C18:1t11 (vacênico)	0,49	0,58	0,59	23,08	0,176
C18:1t12	0,18	0,22	0,21	34,62	0,575
C18:1t16/c14	0,11	0,10	0,10	27,65	0,984
C18:2c/t	0,11	0,11	0,10	29,16	0,775
C18:2t/c	0,12	0,13	0,12	15,95	0,663
C18:2t9c12	0,05	0,06	0,05	23,49	0,286
C18:2t11c15/c18:2t10c15	0,03	0,04	0,03	53,79	0,214
C18:2c9t11 (CLA)	0,24	0,27	0,25	24,56	0,344
n-3 (ômega 3)	0,40	0,47	0,36	40,18	0,448
n-6 (ômega 6)	6,16	6,36	5,86	30,59	0,872
M:S ⁴	1,16	1,16	1,15	7,79	0,965
P:S ⁵	0,18	0,19	0,17	29,33	0,795
n-6:n-3	15,90	14,48	16,50	16,94	0,360

¹Dietas: LAS = Lasalocida sódica; OC05 = 0,5 ml de oleoresina de copaíba; OC1 = 1 ml de oleoresina de copaíba;

²CV: Coeficiente de variação;

³Probabilidade pelo teste f;

⁴Relação entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados;

⁵Relação entre ácidos graxos polinsaturados e saturados.

CAPÍTULO IV

EFEITOS DE ADITIVOS NATURAIS DA CASCA DE BARBATIMÃO (*Stryphnodendron rotundifolium*) SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS TERMINADOS EM CONFINAMENTO

Capítulo formatado conforme as normas da revista New Zealand Journal of Agricultural Research

Efeitos de aditivos naturais da casca de barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento

Aylpy Renan Dutra Santos^a, Cristiane Rebouças Barbosa^a, Carla Gizelly de Souza^a, Tatiane Fernandes^b, Renata Alves das Chagas^a, Samuel Rodrigues Navarro^a, Márcio Rodrigues de Souza^c, Fernando Miranda de Vargas Junior^{a*}

^a*Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil;* ^b*Escola de Ciência Animal, Instituto Politécnico de Virginia e Universidade Estadual, Blacksburg, Estados Unidos;* ^c*Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, Brasil;*

*Autor correspondente: fernandojunior@ufgd.edu.br

Efeitos de aditivos naturais da casca de barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) sobre as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento

Este estudo teve como objetivo avaliar as características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento recebendo aditivos oriundos da casca de barbatimão na dieta em substituição à lasalocida sódica. Vinte e quatro cordeiros machos não castrados da raça Pantaneira com peso corporal inicial de $21,2 \pm 3,6$ kg e $150 \pm 4,5$ dias de idade foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com três tratamentos: 1,50 g/animal/dia de casca seca de barbatimão (CSB); 0,300 g/animal/dia de extrato hidroalcoólico da casca de barbatimão (EHB) e 0,018 g/animal/dia de lasalocida sódica (LAS). As características de carcaça não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos tratamentos, exceto o grau de acabamento ($P=0,010$), onde LAS apresentou valores superiores a EHB, mas semelhante à CSB, que por sua vez não se diferiu do EHB. Os parâmetros de qualidade da carne como cor da carne foram influenciados pelos tratamentos, onde os valores de intensidade de amarelo e Hue angle de LAS e CSB foram superiores aos de EHB ($P<0,05$). Não houve efeito dos tratamentos sobre o perfil de ácidos graxos da carne ($P>0,05$). Os aditivos naturais oriundos da casca de barbatimão podem substituir a lasalocida sódica sem impactar negativamente as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros.

Palavras-chave: biocompostos ativos, peso corporal ao abate, taninos, modulador ruminal

Introdução

O uso de aditivos ionóforos na dieta de ruminantes constitui uma importante estratégia de intensificação dos sistemas de produção, uma vez que estes aditivos possuem a capacidade de modular o ambiente ruminal corroborando para melhorias no ganho de peso diário, nas características de carcaça e qualidade da carne (Garcia-Galicia et al. 2020) e redução nas emissões de GEE (Appuhamy et al. 2013).

Contudo, tem crescido as preocupações de saúde pública associadas à presença de resíduos em produtos e à disseminação de microrganismos resistentes devido ao uso de antibióticos na produção animal, e por isto, restrições estão sendo impostas aos produtos oriundos dessas produções (Millet e Maertens 2011). Além disto, o efeito cumulativo destes inóforos no meio ambiente como possível contaminante pode aumentar as vias potenciais para resistência de microrganismos (Martinez 2008; Marti et al. 2014; Aslam et al. 2021).

Nesse sentido, o uso de extratos vegetais como “aditivos naturais” na nutrição de ruminantes tem despertado o interesse de diversas pesquisas (Aprianita et al. 2014; Guerrero et al. 2016; Guerrero et al. 2020; Garcia-Galicia et al. 2020; Lemos et al. 2021; Barbosa et al. 2023). Isso porque, diversas espécies de plantas possuem metabólitos secundários que atuam como antimicrobianos naturais, porém, sem causar resistência (Khameneh et al. 2021).

O barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) é uma planta com ampla distribuição no cerrado do Brasil (Occhioni, 1990; Melo et al. 2007). Sua casca apresenta uma considerável concentração de taninos (25-37%; Almeida et al. 2017), o que explica o seu uso em diversas áreas da medicina popular. Diversos estudos demonstraram que os taninos presentes na casca de barbatimão apresentam atividade antimicrobiana (Lemos et al. 2021; Barbosa et al. 2023), e as bactérias gram-positivas parecem ser as mais afetadas (Souza-Moreira et al. 2018).

Os taninos vêm sendo constantemente estudados na nutrição de ruminantes como potenciais substitutos dos ionóforos comerciais, demonstrando melhoria na eficiência alimentar, queda na produção entérica de CH₄ e maior fluxo de aminoácidos para o duodeno (Orlandi et al. 2015; Aboagye et al. 2018; Adejoro et al. 2019). Entretanto, os benefícios da utilização de taninos na alimentação de ruminantes são

ainda contraditórios, pois dependem de diversos fatores, sendo que o principal é a espécie botânica de origem (Orzuna-Orzuna et al. 2021).

Na literatura, são poucos os trabalhos que avaliaram a utilização do barbatimão como fonte de taninos para ruminantes, destacando-se o estudo de Barbosa et al. (2023), conduzido em cordeiros. Contudo, Barbosa et al. (2023) não avaliaram as variáveis relacionadas às características de carcaça e qualidade da carne destes animais. Por conta disso, os efeitos dos taninos oriundos da casca de barbatimão sobre estes parâmetros são ainda desconhecidos.

Ante o exposto, este estudo investigou o potencial de aditivos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) como substitutos da lasalocida sódica na dieta de cordeiros confinados com alto teor de concentrado, avaliando os seus efeitos sobre as características de carcaça e qualidade da carne.

Material e Métodos

Local e Procedimentos Experimentais

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa em Ovinocultura (CPO), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Grande Dourados, sob o protocolo de número 032.2020.

Coleta, Obtenção e Análise dos Aditivos

A coleta da casca do caule do barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium*) foi realizada no município de Dourados durante o verão. É importante destacar que a retirada da casca não ocasionou a morte das plantas, pois esta espécie possui alta capacidade de

regeneração.

Após a coleta, as cascas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C durante 72 horas. O material seco foi moído em moinho de facas tipo Willey contendo peneiras com furos de 2 mm de diâmetro. Através deste procedimento, obteve-se a casca seca do barbatimão (CSB). O extrato hidroalcólico da casca de barbatimão (EHB) foi confeccionado a partir das cascas secas de barbatimão, conforme a metodologia proposta por Pinho et al. (2012). Para isto, 250 g das cascas foram acondicionadas em um Becker contendo uma solução etanol/água de 50:50. Os conjuntos formados foram incubados em um banho-maria a 60 °C durante 60 minutos. Em seguida, este material foi filtrado a quente em um funil com algodão e então, conduzido à estufa de circulação forçada de ar a 40 °C, permanecendo ali até peso constante. Posteriormente, o EHB foi produzido a partir da maceração do material retirado da estufa até obtenção de uma granulometria pulverulenta.

CSB e EHB foram submetidos à avaliação fitoquímica para confirmação das classes de metabólitos secundários (Pinho et al. 2012; Fontoura et al. 2015). A presença de triterpenos e esteróides nestes aditivos naturais foi avaliada através da hidrólise do extrato metanólico seco, conforme descrito por Barbosa et al. (2023). Este procedimento foi realizado com hidróxido de potássio (0,5 mol/L) e com refluxo por 1 h. Após isto, os compostos foram extraídos com éter etílico e submetidos à reação de Liebermann-Burchard.

Confirmou-se a presença de classes de metabólitos secundários por meio das reações de intensidades de caracterização, sendo que estas foram classificadas de acordo com a proposta de Fontoura et al. (2015; Tabela 2): reação negativa (- = 0%), intensidade parcial ($\pm$ /+ = 10%), baixa intensidade (+ = 50%), média intensidade (++ = 75%) e alta intensidade (+++ = 100%). O teor de compostos fenólicos foi determinado

com base no método colorimétrico de Folin-Ciocalteau (Djeridane et al. 2006), enquanto a concentração de taninos foi obtida através do método espectrofotométrico de Folin-Denis, onde o ácido tânico foi utilizado como referência (Ibe et al. 2013).

Animais, Dietas Experimentais e Manejo

Vinte e quatro cordeiros machos não castrados da raça Pantaneira com peso corporal (PC) inicial de $21,2 \pm 3,6$ kg e $150 \pm 4,5$ dias de idade foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com três tratamentos e oito repetições. O peso foi considerado o fator principal para a blocagem.

No início do período experimental, os cordeiros foram pesados, identificados e vermifugados (Baycox, 1 ml/3,5 kg de PC). Cada animal foi alojado em baias individuais de concreto de 1,5 m x 1,5 m com piso de cimento, contendo um cocho e um bebedouro. A dieta experimental (Tabela 1) foi formulada de acordo com o National Research Council (NRC, 2007) para atender a exigência de ganho de peso de 300 g/dia, considerando um consumo de matéria seca de 3,5% em relação ao PC. Para isto, a dieta continha 20% de volumoso (feno de aveia) e 80% de concentrado (farelo de soja, milho moído e suplemento mineral comercial específico para ovinos).

A oferta da dieta aos animais aconteceu em dois momentos do dia, sendo às 07:00 e 12:00 horas. A cada três dias, era realizado o ajuste da quantidade ofertada a fim de garantir o mínimo de 5% de sobras, permitindo assim um consumo *ad libitum*.

O período experimental teve duração de 62 dias, sendo que os primeiros 14 dias foram destinados à adaptação dos animais às instalações, manejo e dieta e, os demais 48 dias para o experimento propriamente dito.

Os tratamentos utilizados neste estudo foram os seguintes: 1,50 g/animal/dia de CSB; 0,300 g/animal/dia de EHB e 0,0225 g/animal/dia de LAS (Taurotec-Zoetis,

Campinas, São Paulo, Brasil; 15% de lasalocida sódica). CSB e EHB foram ofertados sempre pela manhã antes da dieta total, misturado a 30 g do concentrado a fim de garantir a ingestão completa. Para a LAS, atendeu-se a recomendação do fabricante, sendo 0,150 g do ionóforo para cada kg da dieta, resultando em um consumo de lasalocida de 0,0225 g/kg de dieta. A quantidade de casca bruta utilizada para produzir o EHB foi de 5:1 e esta mesma proporção foi fornecida diariamente aos animais.

Abate e Avaliação da Carcaça

Ao final do confinamento, os cordeiros foram submetidos a um jejum de sólidos de 16 horas de duração. Após esse período, os animais foram pesados para determinação do peso corporal ao abate (PCA) e, conduzidos ao abatedouro, onde o abate foi realizado seguindo as normas do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal - RIISPOA (Brasil, 2000). Os animais foram insensibilizados através de descarga elétrica antes de serem submetidos à sangria. O sangue de cada animal foi pesado individualmente em baldes com pesos conhecidos.

A partir da esfolagem e decapitação, obteve-se o peso da pele e da cabeça dos animais. Em seguida à esfolagem, procedeu-se a evisceração, onde cada órgão foi pesado individualmente para determinação do peso dos constituintes não-carcaça. O conteúdo do trato gastrointestinal (TGI), da bexiga e da vesícula biliar foram retirados para determinação do peso do corpo vazio (PCV) e rendimento biológico (RB). Os componentes do TGI foram pesados cheios e vazios.

Após a evisceração e amputação, as carcaças foram lavadas e pesadas para determinação do peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça quente (RCQ). Nas carcaças, imediatamente após as pesagens, foram tomadas ainda as medidas do pH (pH inicial) e temperatura interna da carcaça (temperatura inicial) entre a 12ª e 13ª

costela. Feito isso, as carcaças foram acondicionadas em câmara fria a 3 °C por 24 h. O pH (pH final) e a temperatura interna da carcaça (temperatura final) foram aferidos novamente nas mesmas regiões anatômicas.

Logo em seguida, as carcaças foram pesadas para determinação do peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça fria (RCF) e perda por resfriamento (PR). As carcaças foram expostas para avaliação dos índices de conformação e estado de engorduramento. Para a conformação, dois especialistas atribuíram notas para as carcaças com base em uma escala de 1 a 5, com variação de 0,5, onde: 1,0 - muito ruim; 1,5 - pobre; 2,0 - aceitável; 2,5 - médio; 3,0 - bom; 3,5 - muito bom; 4,0 - superior; 4,5 - muito superior e 5,0 - excelente (Selaive-Villarreal e Osório, 2014). Estes dois especialistas também atribuíram notas ao estado de engorduramento com base em uma escala de 1 a 5, permitindo-se variações de 0,5, onde: 1,0 - excessivamente magra; 1,5 - muito magra; 2,0 - magra; 2,5 - ligeiramente magra; 3,0 - normal; 3,5 - ligeiramente engordurada; 4,0 - gorda; 4,5 - muito gorda e 5,0 - excessivamente gorda (Osório et al. 2012).

Cada carcaça foi seccionada longitudinalmente em duas meias carcaças com simetria aproximada. A meia carcaça esquerda foi dividida em oito regiões anatômicas ou cortes comerciais: paleta, pescoço, fraldinha, costelas flutuantes, costelas fixas, lombo, pernil e rabo. Cada corte comercial foi pesado para determinação do seu rendimento.

A perna esquerda de cada animal foi submetida à dissecação para determinação da sua composição tecidual (osso, músculo e gordura). Durante a dissecação, os músculos da perna que recobrem o fêmur (*Biceps femoris*, *Semitendinosus*, *Adductor*, *Semimembranosus* e *Quadriceps femoris*) foram retirados e pesados separadamente para determinação do índice de musculabilidade do pernil (IMP).

Avaliação da Qualidade da Carne

Em cada carcaça, o músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi exposto entre a 12ª e 13ª costela para determinação da área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura (EG). A AOL e EG foram obtidas por meio de fotografias, e analisadas posteriormente através do software ImageJ (Giaretta et al. 2018).

Amostras do *Longissimus thoracis et lumborum* foram retiradas para avaliação das características físicas (cor, perdas por cocção, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento) e químicas (composição centesimal e perfil de ácidos graxos) da carne. Para determinação da cor, a carne foi exposta ao ar durante 30 minutos e em seguida, os valores de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) foram mensurados por meio de um colorímetro digital (Minolta CR-400, Minolta Co., Osaka, Japão) calibrado no sistema de cor CIELAB (Hirata et al. 2019). A partir dessas mensurações, determinou-se o índice de saturação (Chroma; C^*) através da seguinte equação:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

O ângulo de tonalidade (Hue angle, h^*) foi obtido mediante a equação a seguir:

$$h^* = \text{arcotangente } (b^*/a^*) \quad (2)$$

Para determinação da capacidade de retenção de água (CRA), uma amostra do *Longissimus* de aproximadamente 2 g foi alocada entre dois papéis-filtro e submetida a uma compressão de 2,250 kg durante 5 minutos, conforme a metodologia descrita por Cañeque e Sañudo (2005). A amostra resultante foi pesada, e através da diferença de peso antes e depois da compressão, obteve-se a quantidade de água perdida e procedeu-se a determinação da CRA.

Os valores referentes às perdas de água por cocção (PPC), foram obtidos conforme a metodologia citada por Duckett et al. (1998). Para isto, as amostras de carne

foram pesadas e alocadas em forno elétrico previamente aquecido à 170 °C, até alcançarem 70 °C no seu centro geométrico. Para monitoramento desta temperatura, utilizou-se um termômetro digital. Posteriormente, as amostras foram pesadas e as perdas de peso foram calculadas pela relação entre a diferença de peso e o peso inicial, sendo expressas em porcentagem.

Após a pesagem das amostras para obtenção de PPC, três cilindros de cada amostra de carne foram retirados na direção das fibras com o auxílio de um vazador padronizado de 1,3 cm de diâmetro. Os cilindros foram cortados transversalmente em um texturômetro equipado com uma lâmina tipo Warner-Bratzler. O pico da força de cisalhamento (FC) foi registrado em kg.f, e as médias foram obtidas a partir dos valores dos três cilindros de cada amostra (Osório et al. 2008).

A composição química do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foi analisada de acordo com a metodologia da AOAC (1990), determinando-se a proteína pelo método micro Kjeldahl (ID 981.10), extrato etéreo por meio do Soxhlet (ID 920.39), umidade (ID 934.01) e cinzas (ID 930.05) através de estufa e forno mufla, respectivamente.

Para determinação do perfil de ácidos graxos, as amostras do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* foram liofilizadas por um período de 72 horas e em seguida secas em um processador de alimentos. Os lipídios totais da carne foram extraídos por meio de uma solução de diclorometano e metanol (2:1), e em seguida foram convertidos em ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) com o uso de uma combinação de catálise básica e ácida (Oliveira et al. 2016).

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram determinados através de cromatografia gasosa, adotando-se curvas de calibração por meio de um cromatógrafo de gás-líquido (Shimadzu GC 2010 Plus, Kyoto, Japão), o qual foi equipado com

detector de ionização de chama e coluna capilar (SP-2560, 100 m x 0,25 mm x 0,20 μ m, Supelco inc., Bellefonte, PA, EUA). O injetor e o detector do cromatógrafo foram mantidos a 250 °C e utilizou-se o gás hélio como gás de arraste com fluxo constante de 1 ml/minuto, sendo injetada 1 μ l de amostra. Inicialmente, o forno foi programado a uma temperatura de 50 °C, a qual foi mantida por 1 minuto. Em seguida, a temperatura foi aumentada até 150 °C, permanecendo durante 20 minutos. Logo após, houve elevação da temperatura de 1 °C/minuto até aos 190 °C e, finalmente, aumentou-se a 2 °C/minutos até aos 220 °C, permanecendo nesta temperatura durante 40 minutos (Oliveira et al. 2016).

A identificação de EMAG ocorreu por meio da análise da coluna capilar dos cromatogramas, comparando-se os tempos de retenção de EMAG com os de padrões autênticos (componentes FAME 37 de Supelco inc., Bellefont, PA, EUA) e por comparação com cromatogramas publicados (Alves e Bessa, 2014).

Análise estatística

Os dados foram analisados com o auxílio do pacote estatístico ExpDes do Programa R-Studio (version 1.2.5001; Rstudio, Inc., Boston, MA, EUA), com exceção para os dados referentes à conformação e estado de engorduramento da carcaça, os quais foram analisados pelo proc npar1way (SAS University Edition). A homogeneidade das variâncias foi checada para cada variável.

As médias foram comparadas pelo teste Tukey considerando um $P < 0,05$ para consideração de significância entre as médias. O modelo estatístico incluiu o tratamento como efeito fixo e o bloco como efeito aleatório.

Resultados

Dentre os metabólitos secundários analisados, os taninos foram os que apresentaram maior intensidade de reação e maior concentração na casca seca de barbatimão (CSB) e no extrato hidroalcóolico da casca de barbatimão (EHB; Tabela 2), evidenciando que os taninos são os compostos bioativos com maior ação esperada.

A utilização dos aditivos oriundos da casca de barbatimão (CSB ou EHB) na dieta não apresentou efeito sobre as características de carcaça dos animais ($P>0,05$), exceto para o grau de acabamento ($P=0,010$), onde o tratamento com lasalocida sódica (LAS) apresentou valores superiores a EHB, mas semelhante à CSB, que por sua vez não se diferiu de EHB (Tabela 4). Os valores médios encontrados neste estudo para o peso corporal ao abate (PCA), peso de corpo vazio (PCV), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), perda por resfriamento (PR), rendimento biológico (RB), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea foram de 30,5; 26,8; 15,0; 14,5; 3,4; 55,9; 49,1; 47,4; 9,9 e 2,6, respectivamente.

As médias referentes ao rendimento dos componentes não-carcaça estão dispostos na Tabela 5. O percentual de sangue diferiu entre os tratamentos ($P=0,033$), onde CSB resultou em valores mais elevados em comparação à LAS. Entretanto, ambos os tratamentos não diferiram de EHB, o qual apresentou valores intermediários. Quanto ao fígado, observou-se que LAS elevou o seu rendimento quando comparado à CSB ($P=0,024$), enquanto EHB não diferiu de ambos os tratamentos. Os demais componentes não-carcaça não tiveram seus rendimentos influenciados pelos aditivos ($P>0,05$).

O rendimento dos cortes comerciais dos cordeiros não diferiu entre os tratamentos estudados ($P>0,05$), com exceção para o pernil que foi maior em EHB ($P<0,001$) quando comparado à LAS e CSB, os quais não diferiram entre si (Tabela 6).

O EHB aumentou a proporção da paleta e pernil em 2,8 e 2,9% em relação à LAS e CSB, respectivamente.

Quanto aos tecidos constituintes do pernil, isto é, músculo, gordura, osso e outros tecidos, verificou-se que a inclusão dos aditivos naturais à dieta não influenciou em suas proporções ($P>0,05$), o que resultou em semelhanças na relação entre os mesmos e, no índice de compacidade do pernil (Tabela 7). Os valores médios encontrados no presente estudo referentes à proporção de músculo, gordura, osso e outros tecidos foram de 55,7; 10,4; 18,7 e 10,6%, respectivamente.

Como observado na Tabela 8, os aditivos naturais oriundos da casca de barbatimão não influenciaram nas perdas por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento (FC), luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), Chroma (C^*), pH inicial, pH final e temperatura inicial ($P>0,05$), mas alteraram o valor de intensidade de amarelo (b^*), Hue angle (h^*) e temperatura final ($P<0,05$).

No presente estudo, o teor de umidade, cinzas e gordura foi similar entre os tratamentos ($P>0,05$). Entretanto, o teor de proteína bruta decresceu com a inclusão dos aditivos oriundos da casca de barbatimão ($P=0,007$; Tabela 9).

Em relação ao perfil de ácidos graxos da carne (*Longissimus thoracis et lumborum*) disposto na Tabela 10, não houve diferença entre os tratamentos ($P>0,05$). Dentre os ácidos graxos analisados, o ácido oléico, palmítico e esteárico foram os que apresentaram maiores concentrações na carne, com valores médios de 41,8; 22,8 e 16,5%, respectivamente.

Discussão

A concentração de taninos em EHB foi apenas 5,6% superior em relação à CSB, indicando que o fornecimento destes biocompostos ativos aos animais por meio de EHB

foi menor (143,7 mg/dia) em relação à CSB (680,3 mg/dia). Esperava-se que EHB apresentasse maior percentual de taninos, uma vez que o etanol possui alta eficiência de extração de biocompostos ativos de plantas (Devequi-Nunes et al. 2018).

Existem poucas evidências na literatura sobre o efeito de aditivos moduladores ruminais sobre as características de carcaça. Dentre os fatores relacionados à nutrição, o tipo de dieta, isto é, relação volumoso:concentrado, é ainda o principal responsável por promover alterações neste parâmetro.

A ausência de efeito dos tratamentos para as características da carcaça é resultado, principalmente, do ganho médio diário (GMD), que de acordo com Barbosa et al. (2023) foi igual entre os tratamentos. Esta semelhança no GMD associada à mesma quantidade de dias em confinamento resultaram em PCA similar. O PCA constitui um dos principais fatores que determinam o rendimento de carcaça, pois à medida que o PCA aumenta, ocorre uma maior deposição corporal de músculos e gordura na carcaça, o que impacta de maneira positiva em seu rendimento (Missio et al. 2013).

Nesse sentido, é esperado que indivíduos com PCA e idade semelhantes e ainda, alimentados com o mesmo tipo de dieta em relação à proporção de volumoso:concentrado, como no presente estudo, apresentem carcaças com características similares entre si. A ausência de efeitos de fontes de taninos sobre as características de carcaça tem sido relatada em estudos anteriores (Liu et al. 2009; Francisco et al. 2015; Rojas-Román et al. 2017).

É importante destacar que os valores médios encontrados para o PCQ, PCF, RCQ, RCF e RB superam as recomendações de Silva e Sobrinho (2001), que descreve uma carcaça ovina como sendo de boa qualidade, aquela que apresenta PCQ, PCF, RCQ, RCF e RB com valores mínimos de 14,4; 13,8; 46,0; 44,5 e 53,0%,

respectivamente.

Independentemente do tratamento, as médias de PR obtidas encontram-se dentro do intervalo considerado ideal, que de acordo com Carneiro et al. (2021) varia de 1 a 7,0%. Segundo Brochier e Carvalho (2009), valores dentro desta faixa demonstram que a carcaça foi manejada e armazenada de maneira adequada. Destaca-se que a PR constitui um importante indicativo do grau de gordura de cobertura da carcaça (Ítavo et al. 2009; Missio et al. 2013), pois há uma correlação negativa entre estas duas variáveis (Kuss et al. 2009). Desse modo, quanto maior o teor de gordura de cobertura da carcaça, menores serão os valores referentes à PR. No presente estudo, a EGS não foi influenciada pelos tratamentos, justificando assim a igualdade observada nos valores referentes à PR.

Zhao et al. (2019) verificaram redução na EGS de cordeiros alimentados com fontes de taninos. Larraín et al. (2009) também observaram que novilhos alimentados com dietas contendo taninos apresentaram redução nos valores de EGS. Entretanto, ressalta-se que nos estudos de Zhao et al. (2019) e Larraín et al. (2009) houve alterações no PCA, justificando as alterações na EGS, uma vez que estas variáveis apresentam correlação positiva (Orzuna-Orzuna et al. 2021). Devido à escassez de estudos que avaliaram o mecanismo de ação de compostos bioativos de plantas sobre a lipogênese, as variações encontradas para este item são normalmente associadas à raça, tipo de dieta, sexo, idade e peso, características estas que foram homogêneas no presente estudo.

A similaridade observada nos valores de AOL entre os tratamentos é decorrente da ausência de efeito dos tratamentos sobre o PCA, pois segundo Bueno et al. (2000), tais variáveis são diretamente proporcionais

O maior estado de engorduramento observado em decorrência da utilização de

LAS é entendido como sendo resultado da maior produção de AGCC no rúmen ocasionada pelo uso desse aditivo (Barbosa et al. 2023). Os AGCCs representam a principal fonte de energia para os ruminantes, podendo atender em até 70% as suas necessidades energéticas. Dessa maneira, quanto maior a produção de AGCC no rúmen, maior será o aporte de energia para o indivíduo, que por sua vez, resultará em elevação no acúmulo de gordura na carcaça (NRC, 2007).

A superioridade do peso do fígado em LAS pode ser explicado pela maior concentração plasmática de colesterol observada neste tratamento (Barbosa et al. 2023). Ao ser transportado para o fígado, caso haja a necessidade, o colesterol plasmático pode aumentar a deposição de gordura neste órgão, elevando assim o seu peso ou rendimento. Além disso, o colesterol circulante é produzido principalmente no fígado. Assim, quanto maior produção de colesterol, maior será a atividade metabólica do fígado e consequentemente, maior o seu desenvolvimento.

As informações sobre os efeitos de fontes de taninos sobre os rendimentos dos componentes não-carcaça de ovinos são escassas, o que limita as justificativas para os achados deste estudo. Normalmente, o rendimento destes componentes é influenciado principalmente pela idade, sexo, peso corporal e tipo de dieta (Cezar e Souza, 2007). No presente estudo, tais características eram homogêneas, o que explica a ausência de efeito dos tratamentos avaliados.

Quanto ao rendimento dos cortes comerciais, o principal fator determinante é o PCA (Cezar e Sousa, 2007; Fernandes et al. 2010), parâmetro este que foi semelhante entre os tratamentos no presente estudo. O aumento da proporção do pernil com a inclusão de EHB é interessante economicamente, pois melhora a qualidade comercial da carcaça, uma vez que o pernil constitui um corte considerado de primeira (Vergara et al. 2005; Araújo-Filho et al. 2007). No presente estudo, em todos os tratamentos a soma

dos rendimentos da paleta e do pernil estão de acordo com o valor mínimo de 50% preconizado por Cañeque e Sanudo (2005).

Na literatura está bem esclarecido que a composição tecidual da carcaça, bem como de seus cortes comerciais, é afetada principalmente pela curva de crescimento (peso x idade), genótipo, sexo e nutrição. No presente estudo, todas estas condições foram semelhantes entre os tratamentos estudados, justificando assim a similaridade observada. Ao avaliar a composição tecidual do pernil de ovelhas pantaneiras de descarte, Burin (2014) encontrou valores superiores para o percentual de gordura (16,6%) e inferiores para a relação músculo:gordura (3,38) em comparação ao presente estudo. Tal divergência é resultado da maior idade e do maior peso corporal, além da condição sexual das ovelhas estudadas por Burin (2014). Os efeitos do peso corporal ao abate sobre a proporção de tecidos da carcaça de ovinos pantaneiros foram avaliados por Fuzikawa (2015). A autora verificou que em todos os cortes estudados, a relação músculo:gordura reduziu à medida que o peso ao abate foi aumentado.

Segundo Berg et al. (1978), os tecidos não crescem na mesma intensidade. Assim, em relação à carcaça e aos cortes que a compõem, os ossos apresentam desenvolvimento precoce, a gordura, desenvolvimento tardio e os músculos, intermediário. Isso significa que animais mais jovens e mais leves apresentarão maior proporção de músculos e maior relação músculo:gordura, enquanto animais mais velhos e pesados apresentarão maior proporção de gordura e menor relação músculo:gordura.

O IMP observado neste estudo é similar ao obtido por Burin (2014) em seu estudo com cordeiros pantaneiros. Cezar e Souza (2007) explicam que o IMP apresenta correlação positiva com a proporção de músculos da carcaça. Assim, quanto maior o IMP, maior também será a proporção de carne da carcaça.

O valor médio de 38,1% referente à PPC é significativamente superior ao valor

de 25,9% obtido por Cunha et al. (2016) que avaliaram a inclusão de doses crescentes de glicerina bruta na alimentação de ovinos pantaneiros. Entretanto, no trabalho de Cunha et al. (2016), a CRA apresentou um valor médio extremamente alto em comparação ao presente estudo. É importante destacar que a CRA e a PPC se correlacionam de maneira negativa. Assim quanto maior a capacidade de retenção de água, menores serão as perdas por cocção (Ablikim et al. 2016; Corazzin et al. 2019). Segundo Gomide et al. (2013), normalmente, carnes com alta capacidade de retenção de água indicam baixa desnaturação protéica, o que é resultado, principalmente, de valores elevados de pH. Vale ressaltar que nesta pesquisa, os aditivos não influenciaram nos valores de pH e consequentemente não interferiram na CRA.

Da mesma forma, Gomide et al. (2013) explicam que a maciez da carne, representada pela FC, é influenciada positivamente pela CRA, isso porque, a maior CRA proporciona maior turgescência da fibra além de maior suculência da carne, aumentando assim a maciez. Neste trabalho, os valores referentes à FC não foram modificados pelos aditivos, o que é justificado pela igualdade observada na CRA. Apesar da similaridade entre os tratamentos, os valores de FC obtidos caracterizam a carne como muito macia, pois estão dentro do intervalo de 2,0 a 4,9 kg.f descrito por Bickerstaffe et al. (2001).

Os valores de L^* e a^* obtidos neste estudo são similares aos encontrados por Hirata et al. (2019) em seu trabalho com ovinos pantaneiros. De acordo com Khlij et al. (2010), para ter uma boa aceitabilidade dos consumidores, a carne fresca de cordeiros deve possuir valores de L^* e a^* superiores a 34 e 9,5 respectivamente. Em todos os tratamentos avaliados, estes valores foram superados.

A ausência de diferenças para a L^* e a^* em função dos aditivos pode ser explicada pela similaridade observada nos valores de pH. Corazzin et al. (2019)

explicam que o pH da carne, juntamente com o estado e teor de mioglobina são os fatores que mais interferem na cor da carne. Neste estudo, dentre os fatores citados acima, apenas o pH pôde ser avaliado. Na literatura, é conhecido que o pH apresenta correlação negativa com a L^* e a^* . Valores elevados de pH reduzem a L^* e a^* devido à maior CRA resultante reduzida desnaturação protéica. Esta maior retenção de água faz com que a carne reflita menos luz, alterando assim a sua cor (Gomide et al. 2013; Corazzin et al. 2019). Em um estudo meta-analítico, Orzuna-Orzuna et al. (2021) não constatarem mudanças no pH da carne de cordeiros em função da suplementação dietética de taninos.

Os valores de b^* diminuíram em resposta à inclusão de EHB na dieta, o que é favorável, uma vez que na indústria, este parâmetro está ligado à gordura da carne e os consumidores não esperam encontrar alta b^* em carnes frescas (Garcia-Galícia et al. 2020). Orzuna-Orzuna et al. (2021) também observaram redução os valores de b^* da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo uma mistura de biocompostos ativos de plantas.

A maior temperatura das carcaças dos cordeiros alimentados com LAS ocorreu devido ao maior estado de engorduramento das carcaças pertencentes a este tratamento. A gordura atua como um isolante térmico, assim, quanto maior o teor de gordura da carcaça, menor será a taxa de resfriamento da mesma, refletindo em valores elevados de temperatura.

O teor de umidade, proteína bruta, gordura e cinzas da carne são similares aos reportados na literatura para ovinos pantaneiros (Cunha et al. 2016; Monteschio et al. 2018; Hirata et al. 2019). É importante destacar que os valores referentes ao teor de umidade e proteína bruta obtidos estão dentro da faixa de 70,8-80,3% e 18,5-23,4%, respectivamente, que segundo Bezerra et al. (2016) é um indicativo de carne de boa

qualidade.

O teor de proteína bruta da carne foi 4,2 e 4,4% superior em LAS em comparação a CSB e EHB, respectivamente. Orzuna-Orzuna et al. (2021) não observaram diferenças no teor de proteína bruta da carne de cordeiros, em seu estudo meta-analítico sobre a influência de taninos na qualidade da carne. A redução no teor de proteína da carne dos cordeiros alimentados com CSB e EHB pode ser atribuída à tendência de queda na digestibilidade da proteína bruta em função destes tratamentos (Barbosa et al. 2023) e possível redução do aporte de proteína microbiana para o duodeno como consequência da menor concentração de amônia no rúmen em decorrência dos efeitos antimicrobianos de CSB e EHB (Barbosa et al., 2024).

Os valores encontrados para o teor de ácidos graxos saturados (AGS) estão abaixo dos valores médios de 46,3 e 44,9% obtidos por Leonardo (2014) e Mora et al. (2016), respectivamente, em trabalhos com ovinos pantaneiros. Tal resultado tem grande relevância, uma vez que o consumo de AGS, principalmente aqueles que possuem de 8 a 16 átomos de carbono, resulta em aumento na concentração sérica de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), as quais estão associadas ao aparecimento de aterosclerose, principal doença cardiovascular (DCV; Grundy, 2013; Mora et al. 2016).

A concentração de ácido esteárico (C18:0) observada na carne é superior à reportada por Mora et al. (2016). O C18:0 é considerado um ácido graxo neutro, pois não ocasiona aumento na concentração sérica de LDL (Willians, 2000). Além disso, ao ser consumido, este ácido graxo é rapidamente convertido a ácido oléico (C18:1c9), o qual segundo Bonanome e Grundy (1988), é responsável por promover uma queda na concentração sérica de LDL. No presente estudo, o C18:1c9 foi o ácido graxo que apresentou maior concentração na carne, o que confirma os resultados de diversos estudos envolvendo o perfil lipídico da carne ovina (Diaz et al. 2005; Mora et al. 2016;

Fiorentini et al. 2018; Hirata et al. 2019).

Quanto à concentração de ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e polinsaturados (AGP), os valores aqui obtidos são superiores aos encontrados por Leonardo (2014). Hipoteticamente, estes achados indicam que tanto LAS como CSB e EHB apresentaram efeitos negativos semelhantes sobre os microrganismos responsáveis pelo processo de biohidrogenação ruminal (BHR), elevando dessa maneira o escape de AGM e AGP para o abomaso e, conseqüentemente, aumentando sua deposição na carne. Os ionóforos e os taninos quando presentes em dietas de ruminantes apresentam efeito antimicrobiano, sendo que tais efeitos são mais severos em bactérias gram-positivas, as quais são fundamentais durante a BHR (Vasta et al. 2019). Semelhantemente, Besharati et al. (2022) explicam que a inclusão de taninos em dietas de ruminantes provoca uma redução na extensão da BHR de AGP, resultando aumento em sua concentração na carne.

Os efeitos similares dos diferentes aditivos sobre a BHR justificam as semelhanças observadas nas concentrações de ácidos graxos intermediários da BHR na carne. A ausência de efeito das fontes de taninos (CSB e EHB) sobre a concentração destes ácidos graxos pode ser explicada pela baixa concentração de ácidos graxos polinsaturados na dieta, os quais segundo Frutos et al. (2020), potencializam os efeitos dos taninos sobre a BHR. É importante destacar que os efeitos dos taninos sobre a BHR ainda não estão esclarecidos, apesar do grande número de estudos envolvendo este tema.

Tais resultados são corroborados pelos valores de CLA encontrados no presente estudo, os quais estão abaixo dos valores mencionados nos trabalhos de Mora et al. (2016) e Leonardo (2014). Provavelmente, a utilização de LAS e dos taninos presentes na casca de barbatimão afetou negativamente o processo de BHR do ácido linoleico

(C18:2), principalmente a isomerização, que constitui a etapa inicial da BHR. Nesse sentido, devido o CLA ser formado no rúmen durante a isomerização do C18:2, qualquer influência negativa que ocorrer nesta etapa, resultará em baixa síntese de CLA. Destaca-se que a isomerização do C18:2 ocorre sob ação de enzimas produzidas principalmente pelas bactérias do gênero *Butyrivibrio*. Estas bactérias são classificadas como sendo gram-positivas, e por isto, são mais susceptíveis a aditivos moduladores ruminais como ionóforos e taninos (Chen e Wolin, 1979; Wallace et al. 2007).

Nos trabalhos de Mora et al. (2016) e Leonardo (2014), não foi utilizado modulador ruminal e com isto, a BHR foi mais completa, uma vez que a concentração de C18:2 na carne foi inferior à do presente estudo, resultando em valores mais altos de CLA. Na literatura está bem estabelecido que o consumo de CLA promove diversos benefícios à saúde humana. Dessa maneira, valores baixos destes ácidos graxos na carne representam baixa qualidade do produto.

A proporção de ômega 3 obtida está muito abaixo dos valores que frequentemente são reportados em estudos com ovinos (Leonardo, 2014; Polidori et al. 2017; Francisco et al. 2018; Valenti et al. 2021). Por conta disso, a relação n-6:n-3 apresentou valores bem elevados em relação aos trabalhos mencionados acima. Este resultado é extremamente indesejável, pois segundo Patterson et al. (2012), a relação ideal de n-6:n-3 deve situar-se entre 1-4:1. Valores dentro da faixa de 10-20:1 -como os do presente estudo- são prejudiciais à saúde humana, pois podem resultar em surgimento de DCV (Simopoulos, 2008; Patterson et al. 2012).

Hipoteticamente, a baixa concentração de ômega 3 e a alta relação n-6:n-3 na carne é entendida como sendo resultado da quantidade relativamente baixa de inclusão de ácido linolênico (C18:3n-3) na dieta (Tabela 3). O ácido linolênico está presente principalmente em alimentos volumosos e, no presente estudo, a inclusão de volumoso

representou apenas 20% da composição total da dieta. Nesse sentido, Ebrahimi et al. (2018), explicam que a proporção de n-6 e n-3 é altamente influenciada pelo teor de ácidos graxos fornecidos aos ruminantes via alimentação.

Embora, os aditivos utilizados neste estudo tenham promovido maior escape de ácidos graxos polinsaturados da BHR devido os seus efeitos negativos sobre os microrganismos responsáveis por este processo, a proporção de ácidos graxos polinsaturados:saturados observada está abaixo da recomendação de 0,40 de Wood et al. (2003). Entretanto, valores mais baixos foram reportados por Mora et al. (2016) e Leonardo (2014) em estudos com ovinos pantaneiros.

Considerações Finais

Os compostos bioativos oriundos da casca do barbatimão podem substituir a lasalocida sódica sem impactar negativamente as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados em confinamento. Desse modo, dentre os aditivos naturais oriundos da casca de barbatimão, recomenda-se a utilização da casca seca de barbatimão, pois sua confecção é simples e de baixo custo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Brasília, DF, Brasil) e à Fundação de Amparo ao Desenvolvimento da Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Aprovação ética

Todos os procedimentos realizados que envolveram animais estavam de acordo com os padrões éticos da instituição.

Referências

- Ablikim B, Liu Y, Kerim A, Shen P, Abdurerim P, Hong GZ. 2016. Effects of breed, muscle type, and frozen storage on physico-chemical characteristics of lamb meat and its relationship with tenderness, CyTA--J. Food. 14(1):109-116.
- Aboagye IA, Oba M, Castillo AR, Koenig KM, Iwaasa AD, Beauchemin KA. 2018. Effects of hydrolyzable tannin with or without condensed tannin on methane emissions, nitrogen use, and performance of beef cattle fed a high-forage diet. J Anim Sci. 96(12):5276-5286.
- Adejoro FA, Hassen A, Akanmu AM. 2019. Effect of lipid-encapsulated acacia tannin extract on feed intake, nutrient digestibility and methane emission in sheep. Animals. 9(11):863.
- Almeida AC, Andrade VA, Fonseca FS, Macêdo AA, Santos RL, Colen KG, Martins ER, Marcelo NA. 2017. Acute and chronic toxicity and antimicrobial activity of the extract of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. Pesqui Vet Bras. 37:840-846.
- Alves SP, Bessa RJB. 2014. The trans -10,cis -15 18:2: a missing intermediate of trans-10 shifted rumen biohydrogenation pathway? Lipids. 49:27 -541.
- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 17th ed. Gaithersburg (MD): AOAC.
- Appuhamy JA, Strathe AB, Jayasundara S, Wagner-Riddle C, Dijkstra J, France J, Kebreab E. 2013. Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: a meta-analysis. J Dairy Sci. 96(8):5161-5173.
- Aprianita A, Donkor ON, Moate PJ, Williams SRO, Auldist MJ, Greenwood JS, Hannah MC, Wales WJ, Vasiljevic T. 2014. Effects of dietary cottonseed oil and tannin supplements on protein and fatty acid composition of bovine milk. J Dairy Res. 81:183-192.
- Araújo-Filho JT, Costa RG, Fraga AB, Neto SG, Pacheco KMG, Rocha LP. 2007. Agregação de valor em carcaça de cordeiros deslanados por meio de cortes especiais. Rev Ci Prod Anim. 9:2.

- Aslam B, Khurshid M, Arshad MI, Muzammil S, Rasool M, Yasmeen N, Shah T, Chaudhry TH, Rasool MH, Shahid A, Xueshan X, Baloch Z. 2021. Antibiotic Resistance: One Health One World Outlook. *Front Cell Infect Microbiol.* 11:771510.
- Barbosa CR, Pantoja JC, Fernandes T, Chagas RA, Souza CG, Santos ARD, Souza MR, Vargas Junior FM. 2023. Bioactive Compounds of *Barbatimão* (*Stryphnodendron sp.*) as Dietary Additive in Lamb Diets. *Agriculture.* 13:664.
- Barbosa CR, Pantoja JC, Fernandes T, Chagas RA, Souza CG, Santos AR, Alves JP, Vargas Junior FM. (2024). Ruminal modulator additive effect of *Stryphnodendron rotundifolium* bark in feedlot lambs. *Tropical Animal Health and Production* 56(2):1-8.
- Berg R, Andersen B, Liboriussen T. 1978. Growth of bovine tissues 1. Genetic influences on growth patterns of muscle, fat and bone in young bulls. *Anim Prod.* 26(3):245-258.
- Besharati M, Maggiolino A, Palangi V, Kaya A, Jabbar M, Eseceli H, De Palo P, Lorenzo JM. 2022. Tannin in Ruminant Nutrition: Review. *Molecules.* 27(23):8273.
- Bezerra LS, Barbosa AM, Carvalho GGP, Simionato JI, Freitas-Junior JE, Araújo MLGML, Pereira L, Silva RR, Lacerda ECQ, Carvalho BMA. 2016. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. *Meat Sci.* 121:88-95.
- Bickerstaffe R, Bekhit AED, Robertson LJ, Roberts N, Geesink GH. 2001. Impact of introducing specifications on the tenderness of retail meat. *Meat Sci.* 59(3):303-315.
- Bonanome A, Grundy SM. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *N Engl J Med.* 318(19):1244-1248.
- Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3. 2000. [accessed 2022 April 28].
<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-3-de-1701-2000,661.html>.
- Brochier MA, Carvalho S. 2009. Effect of different proportions of wet brewery residue on the carcass characteristics of feedlot finished lambs. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 61(1):190-195.

- Bueno MS, Cunha ED, Santos LE, Roda DS, Leinz FF. 2000. Características de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. *R Bras Zoot.* 29(6):1803-1810.
- Burin PC. 2014. Caracterização dos componentes corporais de ovinos pantaneiros de diferentes categorias [Dissertação de Mestrado]. Dourados (MS): Universidade Federal da Grande Dourados.
- Cañeque V, Sañudo C. 2005. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid (ES): Instituto Nacional de Investigación y Tecnología y Alimentaria.
- Carneiro MMY, Goes RHTB, Sabedot MA, Gandra JR, Gabriel AMA, Oliveira RT, Silva NG, Anschau DG. 2021. Performance, gastrointestinal morphometry, carcass and non-carcass traits in sheep finished on diets containing canola (*Brassica napus* L.). *Acta Sci Anim Sci.* 44(1):53686.
- Cezar MF, Sousa WH. 2007. Carcaças Ovinas e Caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Uberaba (MG): Agropecuária Tropical.
- Chen M, Wolin MJ. 1979. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. *Appl Environ Microbiol.* 38(1):72-77.
- Corazzin M, Del Bianco S, Bovolenta S, Piasentier E. 2019. Carcass characteristics and meat quality of sheep and goat. In: Lorenzo JM, Munekata PES, Barba JF, Toldrá F, editors. More than beef, pork and chicken—the production, processing, and quality traits of other sources of meat for human diet. 1st ed. Springer Cham; p. 119-165.
- Cunha CM, Cornélio TC, Fernandes ARM, Seno LO, Ricardo HÁ, Osório JCS, Osório MTM, Alves LGC, Oliveira EA. 2016. Características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros Pantaneiros alimentados com teores crescentes de glicerina bruta. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 17(4):729-743.
- Devequi-Nunes D, Machado BAS, Barreto GA, Rebouças Silva J, Silva DF, Rocha JLC, Brandão HN, Borges VM, Umsza-Guez MA. 2018. Chemical characterization and biological activity of six different extracts of propolis through conventional methods and supercritical extraction. *PLoS One.* 13(12):207676.

- Diaz MT, De La Fuente J, Sañudo C, Campo M, Oliver M, Font i Furnols M, Montossi F, San Julián R, Nute GR, Cañeque V. 2005. Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Sci.* 71:256-263.
- Djeridane A, Yousfi M, Nadjemi B, Boutassouna D, Stocker P, Vidal N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.* 97:654–660.
- Duckett SK, Klein TA, Dodson MV, Snowden GD. 1998. Tenderness of normal and callipyge lamb aged fresh or after freezing. *Meat Sci.* 49(1):19-26.
- Ebrahimi M, Rajion MA, Jafari S, Faseleh Jahromi M, Oskoueian E, Qurni Sazili A, Goh YM, Ghaffari MH. 2018. Effects of dietary n-6: n-3 polyunsaturated fatty acid ratios on meat quality, carcass characteristics, tissue fatty acid profiles, and expression of lipogenic genes in growing goats. *PLoS ONE* 13(8):1-21.
- FAO. 2011. Mapping supply and demand for animal-source foods to 2030. In Robinson TS, Pozzi F, editors. *Animal Production and Health Working Paper*. N. 2, Rome, Italy: FAO.
- Fernandes MAM, Monteiro ALG, Poli CHEC, Barros CS, Almeida R, Ribeiro TMD. 2010. Composição tecidual da carcaça e perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros terminados a pasto ou em confinamento. *Rev Bras Zootec.* 39:1600-1609.
- Fiorentini G, Santana MO, Messana JD, Valente ALS, Härter CJ, Rabelo CHS, Barbero RP, Lanna DPD, Reis RA, Berchielli TT. 2018. Effect of lipid sources on fatty acid profiles of meat from pasture-and feedlot-finished Nellore bulls. *Livest Sci.* 211:52-60.
- Fontoura FM, Matias R, Ludwig J, Oliveira AKMD, Bono JAM, Martins PDFRB, Guedes NMR. 2015. Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (*Malvaceae*) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Acta Amazon.* 45:283-292.
- Francisco A, Dentinho MT, Alves SP, Portugal PV, Fernandes F, Sengo S, Jerónimo E, Oliveira MA, Costa P, Sequeira A, Bessa RJ, Santos-Silva J. 2015. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. *Meat Sci.* 100:275-282.

- Francisco A, Alves SP, Portugal PV, Dentinho MT, Jerónimo E, Sengo S, Almeida J, Bressan MC, Pires VMR, Alfaia CM, Prates JAM, Bessa RJB, Santos-Silva J. 2018. Effects of dietary inclusion of citrus pulp and rockrose soft stems and leaves on lamb meat quality and fatty acid composition. *Animal*. 12(4):872-881.
- Frutos P, Hervás G, Natalello A, Luciano G, Fondevila M, Priolo A, Toral PG. 2020. Ability of tannins to modulate ruminal lipid metabolism and milk and meat fatty acid profiles. *Anim Feed Sci Technol*. 269:114623.
- Fuzikawa IHS. 2015. Desempenho e características de carcaças de cordeiros “pantaneiros” abatidos em diferentes pesos corporais [Dissertação de Mestrado]. Dourados (MS): Universidade Federal da Grande Dourados.
- Garcia-Galicia IA, Arras-Acosta JÁ, Huerta-Jimenez M, Rentería-Monterrubio AL, Loya-Olguin JL, Carrillo-Lopez LM, Tirado-Gallegos JM, Alarcon-Rojo AD. 2020. Natural Oregano Essential Oil May Replace Antibiotics in Lamb Diets: Effects on Meat Quality. *Antibiotics*. 9:1-18.
- Giaretta E, Mordenti AL, Canestrari G, Brogna N, Palmonari A, Formigoni A. 2018. Assessment of muscle *Longissimus thoracis et lumborum* marbling by image analysis and relationships between meat quality parameters. *PLoS ONE*. 13(8):1-12.
- Gomide LAM, Ramos EM, Fontes PR. 2013. Ciência e Qualidade da Carne: Fundamentos. Viçosa (MG): Editora UFV.
- Grundy SM. 2013. Cholesterol: Factors Determining Blood Levels. In: Benjamin Caballero, editor (s). *Encyclopedia of Human Nutrition*. 3rd ed. Academic Press; p. 335-340.
- Guerrero O, Alves SP, Costa M, Cabo A, Duarte MF, Jerónimo E, Bessa RJB. 2016. Effects of extracts obtained from *Cistus ladanifer* L. on *in vitro* rumen biohydrogenation. *Anim Feed Sci Technol*. 219:304-312.
- Guerrero O, Alves SP, Soldado D, Cachucho L, Almeida JM, Francisco A, Santos-Silva J, Bessa RJB, Jerónimo E. 2020. Inclusion of the aerial part and condensed tannin extract from *Cistus ladanifer* L. in lamb diets - Effects on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat. *Meat Sci*. 160:107945.

- Hirata ASO, Fernandes ARM, Fuzikawa IHS, Vargas Junior FM, Ricardo HÁ, Cardoso CAL, Alves LGC, Zagonel NGT. 2019. Meat quality of Pantaneiro lambs at different body weights. *Semin: Ciênc Agrár.* 40:427-442.
- Ibe AE, Onuoha GN, Adeyemi AA, Madukwe DK, Udobi JO. 2013. Quantitative analyses of honey samples from four different sources in Abia state, Nigeria. *Int J Nat Appl Sci.* 13:107–116.
- Ítavo C, Morais M, Costa C, Ítavo LC, Macedo F, Tomich T. 2009. Características de carcaça, componentes corporais e rendimento de cortes de cordeiros confinados recebendo dieta com própolis ou monensina sódica. *Rev Bras Zootec.* 38(5): 898-905.
- Khlij S, Van de Ven R, Lamb TA, Lanza M, Hopkins DL. 2010. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. *Meat Sci.* 85:224–229.
- Kuss F, Restle J, Menezes FG, Alves Filho DC, Brondani IL, Arboitte MZ, Moletta JL. 2009. Características da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento recebendo dietas com ou sem adição de monensina. *Ciênc Anim Bras.* 10(1):83–90.
- Larraín RE, Schaefer DM, Arp SC, Claus JR, Reed JD. 2009. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum, or a mix of both: feedlot performance, carcass characteristics and beef sensory attributes. *J Anim Sci.* 87(6):2089-2095.
- Lemos BJM, Souza FM, Arnhold E, Conceição EC, Couto VRM, Fernandes JJR. 2021. Effects of plant extracts from *Stryphnodendron adstringens (mart.) coville*, *Lafoensia pacari a. st.-hil*, *copaifera spp.*, and *Pterodon emarginatus Vogel* on *in vitro* rumen fermentation. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 105(4):639-652.
- Leonardo AP. 2014. Composição dos ácidos graxos e teor de colesterol da carne de ovinos pantaneiro [Dissertação de Mestrado]. Dourados (MS): Universidade Federal da Grande Dourados.
- Liu HW, Gai F, Gasco L, Brugiapaglia A, Lussiana C, Guo KJ, Tong JM, Zoccarato I. 2009. Effects of chestnut tannins on carcass characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits. *Meat Sci.* 83(4):678-683.
- Marti E, Variatza E, Balcazar JL. 2014. The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance. *Trends Microbiol.* 22(1):36-41.

- Martínez JL. 2008. Antibiotics and antibiotic resistance genes in natural environments. *Science*. 321(5887):365-367.
- Melo JO, Endo TH, Bersani-Amado LE, Estivalet SA, Silmara B, Mello JCP, Bersani-Amado CA. 2007. Effect of *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) bark on animal models of nociception. *Braz J Med Biol Res*. 43(3):465-469.
- Millet S, Maertens L. 2011. The European ban on antibiotic growth promoters in animal feed: from challenges to opportunities. *Vet J*. 187(2):143-144.
- Missio RL, Restle J, Moletta JL, Kuss F, Neiva JNM, Moura ICF. 2013. Características da carcaça de vacas de descarte abatidas com diferentes pesos. *Rev Ciênc Agron*. 44:644-651.
- Mlambo V, Mnisi CM. 2019. Optimizing ruminant production systems for sustainable intensification, human health, food security and environmental stewardship. *Outlook Agr*. 48(2):85-93.
- Monteschio JO, Burin PC, Leonardo AP, Fausto DA, Silva ALA, Ricardo HDA, Silva MC, Souza MR, Vargas-Junior FM. 2018. Different physiological stages and breeding systems related to the variability of meat quality of indigenous Pantaneiro sheep. *PloS one*. 13(2):191668.
- Mora NHAP, Macedo FAF, Feihrmann AC, Possamai APS, Torres MG, Mexia AA. 2016. Lipid composition and sensory traits of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thickness. *Acta Sci Technol*. 38(2):145-151.
- National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. 6th ed. Washington (DC): National Academy Press.
- Occhioni EML. 1990. Considerações taxonômicas no gênero *Stryphnodendron* Mart. (*Leguminosae-Mimosoideae*) e distribuição geográfica das espécies. *Acta Bot Bras*. 4:153-158.
- Oliveira MA, Alves SP, Santos-Silva J, Bessa RJB. 2016. Effects of clays used as oil adsorbents in lamb diets on fatty acid composition of abomasal digesta and meat. *Anim Feed Sci Technol*. 213:64-73.
- Orlandi T, Kozloski GV, Alves TP, Mesquita FR, Ávila SC. 2015. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage

- plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Anim Feed Sci Technol.* 210:37-45.
- Orzuna-Orzuna JF, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez GD, Miranda-Romero LA, López-Ordaz R, Hernández-García PA. 2021. Productive Performance, Carcass Traits, and Meat Quality in Finishing Lambs Supplemented with a Polyherbal Mixture. *Agriculture.* 11(942):1-13.
- Orzuna-Orzuna JF, Dorantes-Iturbide G, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez GD, Miranda-Romero LA, Lee-Rangel HA. 2021. Growth Performance, Meat Quality and Antioxidant Status of Sheep Supplemented with Tannins: A Meta-Analysis. *Animals.* 11:3184.
- Osório MTM, Osório JCS, Silva Sobrinho AG. 2008. Avaliação instrumental da carne ovina. In: Silva Sobrinho AG, Sañudo C, Osório JCS, Arribas MMC, Osório MTM, editors. *Produção de carne ovina.* Jaboticabal (SP): Funep; p. 129-176.
- Osório JCS, Osório MTM, Ferreira OGL, Vargas-Junior FM, Fernandes ARM, Almeida RH, Alves LGC, Orrico-Júnior MAPO. 2012. Avaliação da carcaça de caprinos e ovinos. *Pubvet.* 6:1-30.
- Patterson E, Wall R, Fitzgerald GF, Ross RP, Stanton C. 2012. Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated fatty acids. *J Nutr Metab.* 2012:1-16
- Polidori P, Pucciarelli S, Cammertoni N, Polzonetti V, Vincenzetti S. 2017. The effects of slaughter age on carcass and meat quality of Fabrianese lambs. *Small Rumin Res.* 155:12-15.
- Pulina G, Francesconi AHD, Stefanon B, Sevi A, Calamari L, Lacetera N, Dell’Orto V, Pilla F, Marsan PA, Mele M, Rossi F, Bertoni G, Crovetto GM, Ronchi B. 2017. Sustainable ruminant production to help feed the planet. *Ital J Anim Sci.* 16(1):140-171.
- Pinho LD, Souza PNS, Macedo-Sobrinho E, Almeida ACD, Martins ER. 2012. Antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts from rosemary, peppertree, barbatimão and erva baleeira leaves and from pequi peel meal. *Cienc Rural.* 42:326-331.
- Rojas-Román LA, Castro-Pérez BI, Estrada-Ângulo A, Angulo-Montoya C, Yocupicio-Rocha JA, López-Soto MA, Barreras A, Zinn RA, Plascencia A. 2017. Influence of long-term supplementation of tannins on growth performance, dietary net

- energy and carcass characteristics: Finishing lambs. *Small Rumin Res.* 153:137-141.
- Selaive-Villaruel AB, Osório JCS, editors. 2014. *Produção de Ovinos no Brasil*, 1st ed. São Paulo (SP): ROCA LTDA.
- Silva Sobrinho AG. 2001. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba (SP): FEALQ; p.425-446.
- Simopoulos AP. 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp Biol Med.* 233(6):674-688.
- Souza-Moreira TM, Queiroz-Fernandes GM, Pietro RCLR. 2018. *Stryphnodendron* Species Known as "Barbatimão": A Comprehensive Report. *Molecules.* 23(4):910.
- Valenti B, Campidonico L, Natalello A, Lanza M, Salami SA, Priolo A, Serra A, Pauselli M, Luciano G. 2021. Fatty acid metabolism in lambs supplemented with different condensed and hydrolysable tannin extracts. *PLOS ONE.* 16(10): 1-21.
- Vasta V, Daghighi M, Cappucci A, Buccioni A, Serra A, Viti C, Mele M. 2019. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *J Dairy Sci.* 102(5):3781-3804.
- Vergara H, Linares MB, Berruga MI, Gallego L. 2005. Meat quality in suckling lambs: effect of pre-slaughter handling. *Meat Sci.* 69:473-478.
- Wallace RJ, McKain N, Shingfield KJ, Devillard E. 2007. Isomers of conjugated linoleic acids are synthesized via different mechanisms in ruminal digesta and bacteria. *J Lipid Res.* 48:2247–2254.
- Willians, CM. 2000. Dietary fatty acids and human health. *Ann Zootech.* 49:165-180.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M. 2003. Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 66:21–32.
- Zhao MD, Di LF, Tang ZY, Jiang W, Li CY. 2019. Effect of tannins and cellulase on growth performance, nutrients digestibility, blood profiles, intestinal

morphology and carcass characteristics in Hu sheep. *Asian-Australas J Anim Sci.* 32(10):1540-1547.

Tabela 1. Composição centesimal e química das dietas experimentais.

Ingredientes	Quantidade (%)
Feno	20,00
Milho	63,20
Farelo de soja	15,20
Mineral	0,80
Carbonato de cálcio	0,80
Composição	
Matéria seca (% da dieta)	89,51
Matéria orgânica (% da MS)	91,82
Proteína bruta (% da MS)	21,02
Extrato etéreo (% da MS)	3,50
Fibra em detergente neutro (% da MS)	24,70
Fibra em detergente ácido (% da MS)	13,78
Carboidratos totais (% da MS)	67,30
Nutrientes digestíveis totais (%)	87,72

Tabela 2. Composição química e componentes bioativos da casca seca de barbatimão (CSB) e extrato hidroalcólico da casca de barbatimão (EHB).

Composição química	CSB	EHB
Matéria Seca (% da MN)	36,2	76,52
Matéria Orgânica (% da MS)	98,02	97,51
Proteína Bruta (% da MS)	10,9	2,9
Extrato Etéreo (% da MS)	0,6	0,9
Fibra em Detergente Neutro (% da MS)	47,3	0,9
Fibra em Detergente Ácido (% da MS)	44,6	0,6
Compostos metabólicos secundários		
Compostos fenólicos *	++	++
Flavonoides*	+	+
Taninos*	+++	+++
Naftoquinona*	-	-
Cumarinas*	+	+
Triterpenos e esteroides*	+	+
Heterosídeos cianogênicos*	+	+
Heterosídeos cardioativos*	+	+
Açúcares redutores*	+	+
Saponinas*	+	+
Alcaloides*	-	-
Teor de compostos fenólicos (mg/g)	89,8	93,2
Teor de flavonoides (mg/g)	35	39,1
Teor de taninos (mg/g)	453,7	479,1

*A presença dos compostos metabólicos secundários foi classificada como: 0 (zero), reação negativa (-), intensidade parcial ($\pm$ /+ = 10%), baixa (++ = 50%), média ($\pm$ +++ = 75%) e alta intensidade (+++ = 100%).

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Ácido graxo (% do total de AG)	Ingredientes ¹			
	Feno de aveia	Concentrado	CSB	EHB
C16:0 (palmítico)	32,77	15,79	20,53	27,60
C18:0 (esteárico)	5,83	2,75	5,15	10,54
C18:1c9 (oleico)	22,73	30,71	7,71	18,60
C18:1c11 (asclépico)	0,99	0,73	2,99	3,89
C18:2n-6 (linoleico)	21,40	45,29	12,87	28,10
C18:3n-3 (α -linolênico)	8,56	1,66	3,37	7,68
C20:0 (araquídico)	2,85	0,51	1,68	0,83
Total (mg/g de MS)	8,65	101,62	3,72	1,19

¹CSB: Casca seca de barbatimão; EHB: Extrato hidroalcóolico da casca seca de barbatimão.

Tabela 4. Características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Item	Dietas ¹			EPM ²	P ³
	LAS	CSB	EHB		
Peso corporal ao abate (kg)	31,15	29,79	30,67	0,830	0,612
Peso de corpo vazio (kg)	27,38	26,16	26,75	0,690	0,536
Peso de carcaça quente (kg)	15,42	14,68	14,88	0,425	0,469
Peso de carcaça fria (kg)	14,87	14,19	14,39	0,413	0,511
Perdas por resfriamento (%)	3,57	3,36	3,31	0,060	0,091
Rendimento biológico (%)	56,23	55,94	55,68	0,362	0,803
Rendimento de carcaça quente (%)	49,49	49,14	48,63	0,412	0,712
Rendimento de carcaça fria (%)	47,73	47,49	47,02	0,415	0,794
Área de olho de lombo (cm ²)	11,42	9,40	8,93	0,511	0,063
Espessura de gordura subcutânea (mm)	2,80	2,20	2,82	0,212	0,339
Conformação	2,20	2,20	2,00	0,110	0,400
Estado de engorduramento	3,10a	2,60ab	2,40b	0,170	0,010*

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcólico da casca seca de barbatimão;

²Erro padrão da média;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 5. Rendimento dos componentes não-carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Item (%)	Dietas ²			EPM ³	P ^{4*}
	LAS	CSB	EHB		
Sangue	4,03b	4,47a	4,16ab	0,067	0,033*
Cabeça	5,28	5,53	5,48	0,084	0,078
Pele	9,65	9,46	9,62	0,234	0,942
Patas	2,44	2,42	2,52	0,038	0,336
Coração	0,53	0,57	0,55	0,023	0,706
Pulmões e traquéia	2,55	2,63	2,81	0,056	0,146
Fígado	1,88a	1,59b	1,71ab	0,051	0,024*
Língua	0,33	0,27	0,28	0,012	0,063
Baço	0,14	0,15	0,17	0,008	0,227
Diafragma	0,32	0,32	0,32	0,016	0,998
Rins	0,28	0,26	0,26	0,005	0,110
Aparelho reprodutor	1,18	1,33	1,27	0,043	0,230
TGI vazio ¹	6,99	6,64	6,40	0,711	0,203
Gordura perirrenal	1,56	1,17	1,12	0,107	0,221
Omento	1,70	1,77	1,82	0,120	0,887

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹Trato gastrointestinal vazio;

²LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcolico da casca seca de barbatimão;

³Erro padrão da média;

⁴Probabilidade pelo teste f.

Tabela 6. Rendimento dos cortes comerciais de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Item (%)	Dietas ¹			EPM ²	p ³
	LAS	CSB	EHB		
Pescoço	7,55	7,82	7,47	0,318	0,897
Paleta	18,74	18,62	19,45	0,239	0,143
Baixo	15,35	15,35	14,04	0,249	0,053
Costelas flutuantes	7,98	7,68	7,82	0,156	0,778
Costelas fixas	8,99	9,13	8,17	0,396	0,385
Lombo	8,54	8,42	7,87	0,181	0,316
Pernil	32,27b	32,35b	34,43a	0,275	<0,001*
Rabo	0,83	0,83	0,82	0,028	0,966

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcólico da casca seca de barbatimão;

²Erro padrão da média;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 7. Composição tecidual do pernil de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Item	Dietas ¹			EPM ²	p ³
	LAS	CSB	EHB		
Músculo (%)	56,19	56,00	55,10	0,704	0,836
Gordura (%)	10,31	9,99	10,96	0,465	0,770
Ossos (%)	18,83	18,76	18,65	0,230	0,953
Outros tecidos (%)	10,67	11,31	10,10	0,412	0,644
Relação M:G (g)	5,80	5,95	5,14	0,309	0,643
Relação M:O (g)	3,00	3,01	2,96	0,061	0,951
Índice de musculabilidade do pernil	0,41	0,44	0,43	0,007	0,253

¹LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcolico da casca seca de barbatimão;

²Erro padrão da média;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 8. Parâmetros físicos do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Item	Dietas ¹			EPM ²	P ³
	LAS	CSB	EHB		
Perdas por cocção (%)	36,45	38,62	39,20	1,321	0,749
Capacidade de retenção de água (%)	78,19	80,76	79,88	0,948	0,558
Força de cisalhamento (kg.f)	4,22	3,56	4,08	0,150	0,269
Luminosidade (L*)	40,12	39,85	38,91	0,324	0,288
Intensidade de vermelho (a*)	16,22	16,78	15,73	0,285	0,368
Intensidade de amarelo (b*)	4,55a	4,67a	3,75b	0,168	0,028*
Chroma	16,85	17,43	16,18	0,307	0,278
Hue-angle	15,64a	15,57a	13,27b	0,430	0,024*
pH inicial	6,13	6,11	6,24	0,063	0,743
pH final	5,32	5,22	5,39	0,042	0,247
Temperatura inicial (C°)	35,01	33,10	33,96	0,503	0,242
Temperatura final (C°)	7,50a	7,03b	7,04b	0,074	0,005*

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcólico da casca seca de barbatimão;

²Erro padrão da média;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 9. Composição centesimal do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Item (%)	Dietas ¹			EPM ²	P ³
	LAS	CSB	EHB		
Umidade	74,36	74,71	75,14	0,198	0,118
Proteína bruta	21,47a	20,55b	20,52b	0,166	0,007*
Extrato etéreo	4,75	4,80	4,73	0,357	0,994
Matéria mineral	1,17	1,14	1,28	0,045	0,446

*Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância;

¹LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcólico da casca seca de barbatimão;

²Erro padrão da média;

³Probabilidade pelo teste f.

Tabela 10. Perfil de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) do músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de cordeiros alimentados com dietas contendo aditivos oriundos da casca de barbatimão em substituição à lasalocida sódica.

Ácidos graxos	Dieta ¹			EPM ²	P ³
	LAS	CSB	EHB		
Saturados	42,83	42,35	43,34	0,375	0,655
C12:0 (láurico)	0,10	0,09	0,10	0,005	0,629
C14:0 (mirístico)	1,87	1,93	1,83	0,058	0,770
C15:0 (pentadecanóico)	0,33	0,28	0,29	0,013	0,262
C16:0 (palmítico)	22,91	22,97	22,73	0,205	0,910
C17:0 (heptadecanóico)	1,16	0,90	0,95	0,059	0,180
C18:0 (esteárico)	16,34	16,06	17,33	0,371	0,457
C20:0 (araquídico)	0,12	0,12	0,12	0,005	0,974
Monoinsaturados	49,24	48,55	47,97	0,550	0,653
C14:1c9 (miristoleico)	0,06	0,07	0,05	0,004	0,284
C16:1c7	0,29	0,30	0,30	0,008	0,881
C16:1c9/ α -C:17:0	1,94	2,11	1,88	0,046	0,148
C17:1c9 (margarólico)	0,82	0,72	0,69	0,061	0,618
C18:1c9 (oleico)	42,31	41,64	41,65	0,535	0,847
C18:1c11 (asclépico)	1,16	1,25	1,19	0,037	0,668
C18:1c12	0,22	0,23	0,19	0,015	0,600
C18:1c13	0,05	0,04	0,04	0,003	0,880
C18:1c16	0,04	0,05	0,05	0,004	0,857
C19:1	0,07	0,08	0,08	0,006	0,936
C20:1	0,09	0,09	0,07	0,004	0,070
Polinsaturados	7,33	8,48	8,08	0,518	0,764
C18:2n-6 (linoleico)	4,21	4,87	4,46	0,283	0,738
C18:3n-6 (gama-linolênico)	0,07	0,07	0,08	0,004	0,707
C18:3n-3 (α -linolênico)	0,13	0,14	0,16	0,010	0,599
C20:2n-6 (eicosadienóico)	0,03	0,05	0,03	0,004	0,328
C20:3n-9/18:3c9t11c15	0,32	0,39	0,40	0,027	0,676
C20:3n-6 (di-homo- γ -linolênico)	0,13	0,17	0,17	0,013	0,471

C20:3n-3 (di-homo- α -linolênico)	0,03	0,02	0,02	0,004	0,782
C20:4n-6 (araquidônico)	1,43	1,71	1,75	0,147	0,750
C20:5n-3 (eicosapentaenóico)	0,07	0,09	0,10	0,010	0,735
C22:4n-6 (docosatetraenóico)	0,17	0,18	0,18	0,017	0,982
C22:5n-3 (docosotrienóico)	0,15	0,17	0,17	0,022	0,911
C22:6n-3 (DHA)	0,03	0,03	0,03	0,009	0,954
Cadeia ramificada	0,59	0,62	0,61	0,023	0,938
<i>i</i> -C15:0	0,06	0,07	0,06	0,004	0,552
<i>ai</i> -C15:0	0,09	0,10	0,10	0,004	0,721
<i>i</i> -C16:0	0,11	0,10	0,12	0,007	0,776
<i>i</i> -C17:0	0,24	0,25	0,23	0,009	0,766
<i>i</i> -C18:0	0,10	0,09	0,10	0,007	0,930
Trans	2,74	2,55	2,29	0,129	0,441
C18:1t6/7/8	0,25	0,23	0,22	0,009	0,450
C18:1t9 (elaídico)	0,20	0,25	0,21	0,011	0,152
C18:1t10	0,98	0,71	0,40	0,107	0,188
C18:1t11 (vacênico)	0,49	0,52	0,61	0,025	0,129
C18:1t12	0,18	0,16	0,19	0,011	0,471
C18:1t16/c14	0,10	0,10	0,10	0,005	0,955
C18:2c/t	0,11	0,11	0,09	0,005	0,354
C18:2t/c	0,12	0,12	0,11	0,004	0,403
C18:2t9c12	0,05	0,06	0,06	0,003	0,551
C18:2t11c15/c18:2t10c15	0,03	0,03	0,02	0,004	0,701
C18:2c9t11 (CLA)	0,23	0,27	0,23	0,013	0,425
n-3 (ômega 3)	0,41	0,45	0,48	0,048	0,852
n-6 (ômega 6)	6,03	7,04	6,65	0,457	0,772
M:S ⁴	1,15	1,15	1,11	0,020	0,602
P:S ⁵	0,17	0,20	0,19	0,013	0,726
n-6:n-3	15,54	17,31	14,97	0,782	0,542

¹LAS = Lasalocida sódica; CSB = Casca seca de barbatimão; EHB = Extrato hidroalcolólico da casca de barbatimão;

²Erro padrão da média;

³Probabilidade pelo teste f;

⁴Relação entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados;

⁵Relação entre ácidos graxos polinsaturados e saturados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de biocompostos de plantas consiste em uma importante estratégia de intensificação sustentável dos sistemas de produção de ruminantes. Assim, como os antibióticos ionóforos, esses compostos podem manipular a fermentação ruminal, favorecendo os processos benéficos e minimizando os processos ineficientes sem causar resistência. Além disso, os biocompostos de plantas não estão associados à resistência microbiana e não são considerados agentes contaminantes do meio ambiente.

Contudo, neste trabalho foi observado que no experimento *in vitro*, os biocompostos presentes na oleorresina de copaíba e na casca seca de barbatimão não favoreceram os processos benéficos. Apesar de não terem prejudicado a produção de ácidos graxos de cadeia curta, principal fonte de energia dos ruminantes, os biocompostos resultaram em diminuição na proporção molar de propionato. É importante destacar que a manipulação da fermentação ruminal tem como principal objetivo, o aumento da produção de propionato no rúmen. Isso sugere que as doses utilizadas neste estudo foram mais agressivas às bactérias gram-negativas, principais produtoras de propionato.

Em relação aos experimentos relacionados às características de carcaça e qualidade da carne dos cordeiros alimentados com oleorresina de copaíba e aditivos oriundos da casca de barbatimão, observou-se que os biocompostos presentes nesses aditivos naturais substituíram a lasalocida sem ocasionar mudanças profundas nos parâmetros avaliados. Contudo, devido à ausência de um tratamento controle negativo (sem aditivo), há uma limitação em relação às recomendações e explicações mais específicas.

No geral, há um forte encorajamento quanto ao desenvolvimento de novas pesquisas que visem ajustar a dose e a melhor forma de fornecimento dos biocompostos dessas plantas aos animais ruminantes.